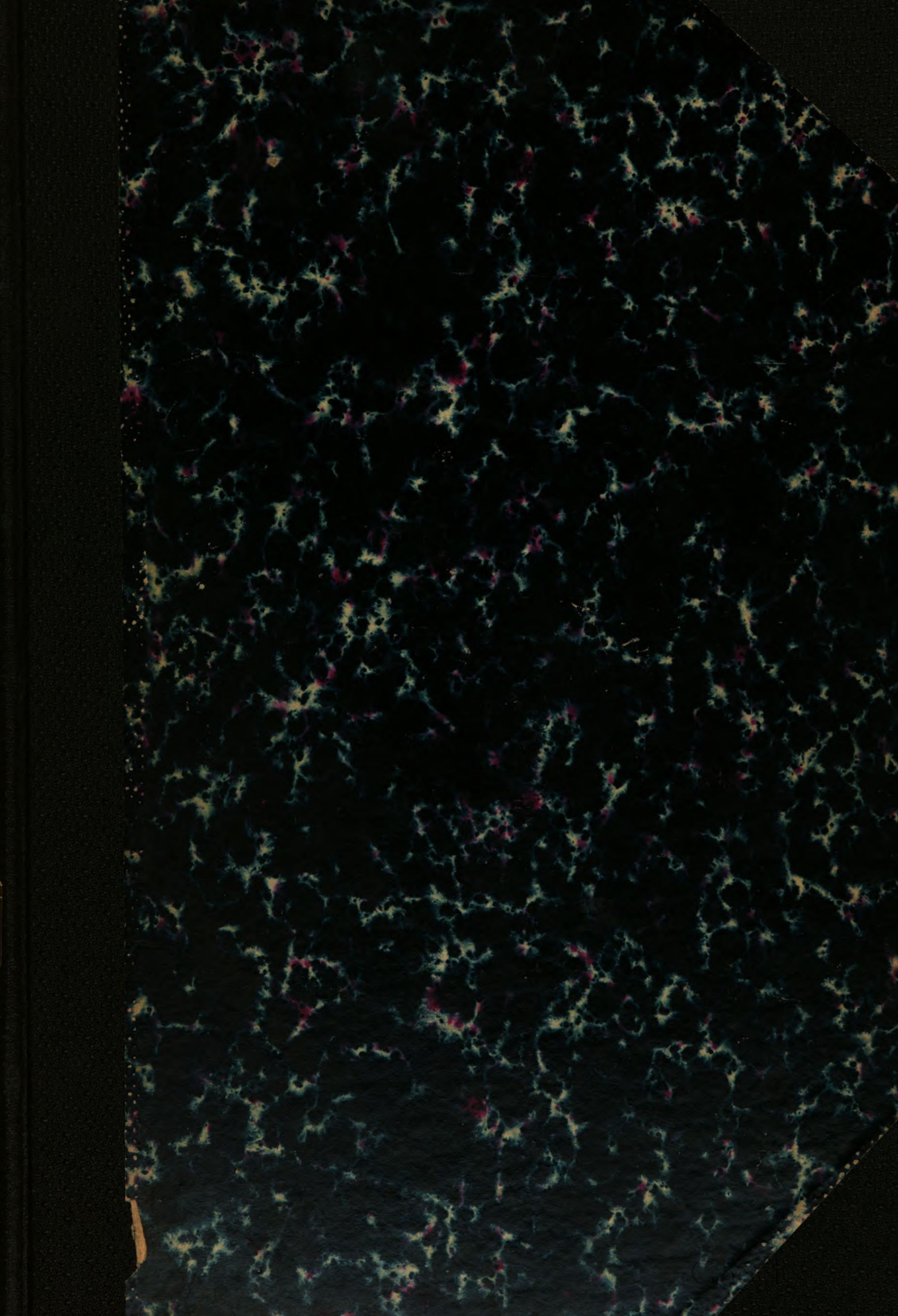


VORLESUNGEN

ÜBER

BACTERIEN

VON

A. DE BARY
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT STRASSBURG.

MIT 18 FIGUREN IN HOLZSCHNITT.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1885.

Vorwort.

Die vorliegende Schrift ist ihrem Hauptinhalte nach die kurze Zusammenfassung einer Anzahl Vorträge, welche theils in zusammenhängender Reihe, als »Colleg«, theils als gelegentliche Einzelvorträge gehalten worden sind. Dieselben sind hie und da in der Form geändert, entsprechend dem Unterschiede zwischen schriftlicher Darstellung und mit Demonstrationen verbundenem freiem mündlichem Vortrag. Einzelnes ist weggelassen, anderes auch hinzugefügt worden, zumal einige allgemein bemerkenswerthe Dinge, welche erst nach Schluss jener wirklichen Vorlesungen publicirt oder mir bekannt geworden sind.

Die Vorlesungen suchten die Aufgabe zu lösen, Zuhörer verschiedenster Fächer, Mediciner und Nichtmediciner, einzuführen in die Kenntniss dessen, was man derzeit von den vielbesprochenen Bacterienfragen weiß und meint. Sie hatten daher eine Uebersicht zu geben in einer Form, welche für Jeden verständlich ist, dem die Elemente naturwissenschaftlicher Bildung nicht fremd sind, und hatten insbesondere die von Bacterien bekannten Erscheinungen in ihrem Zusammenhange mit den von anderen Gebieten her bekannten darzustellen.

Ein Ueberblick der vorhandenen, umfangreichen und fast von Stunde zu Stunde mehr anschwellenden Litteratur des Gegenstandes zeigt nun zwar viele verdienstliche und manche vortreffliche Arbeiten, aber auch viele Missverständnisse und Unklarheiten; der wissenschaftliche und halbwissenschaftliche Tagesverkehr, wenn ich so sagen darf, wird von diesen beherrscht; und wenn ich mich nicht täusche, haben dieselben ihren Hauptgrund in dem Mangel einer allgemeinen, auch auf

benachbarte Gebiete Rücksicht nehmenden Uebersicht und Orientirung, darin dass man den Wald vor Bäumen nicht sieht. Ein Versuch, eine solche Uebersicht zu geben, dürfte daher keine überflüssige Vermehrung der vorhandenen Litteratur sein, und diese Erwägung war mir und wohl auch Jenen, welche die äußere Anregung dazu gaben, für die nachträgliche Niederschreibung und Veröffentlichung der Vorlesungen entscheidend.

Man wird hiernach in diesem Schriftchen nicht eine »Bacteriologie« erwarten dürfen, welche auch nur referirend und aufzählend eingeht auf alle Einzelheiten, die gegebenen Falles Interesse und Wichtigkeit haben können; es soll vielmehr nur Anleitung gegeben werden, sich in solchen Einzelheiten zurecht zu finden.

Vielen Lesern, welche für dieselben näheres Interesse haben, wird die darauf bezügliche Litteratur oder wenigstens Hinweisungen auf dieselbe zur Hand sein, wenn oder schon bevor sie die vorliegende Schrift benutzen. Für Andere, welche etwa auf dem umgekehrten Wege den Details näher treten wollen, und auch um die von mir neben eigener Untersuchung benutzten hauptsächlichsten Quellen zu nennen, sind am Schlusse dieser Schrift einige Litteraturangaben zusammengestellt und im Texte jedesmal durch eingeklammerte Ziffern (12) die Hauptstellen bezeichnet, auf welche das mit gleicher Ziffer versehene Citat sich bezieht. Einige während des Druckes wünschenswerth gewordene, zumal auf die asiatische Cholera bezügliche Anmerkungen sind den Litteraturangaben nachträglich hinzugefügt worden.

Soviel zur Einführung dieses Schriftchens. Möge dasselbe einiges beitragen zur Klärung der Anschauungen und zur Ueberleitung der Bacterienforschung aus dem gegenwärtigen Stadium des Stürmens und Drängens in die Bahnen ruhigen fruchtbringenden Arbeitens und Lernens.

Straßburg, Juli 1885.

A. de Bary.

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Einleitung. Bacterien oder Schizomyceten und Pilze. Bau der Bacterienzelle 1

II. Zellformen, Zellverbände und Gruppirungen 7

III. Entwickelungsgang. Endospore und arthrospore Bacterien 12

IV. Die Species der Bacterien. Negation distincter Arten. Unzureichende Begründung derselben. — Untersuchungsmethode. — Verwandtschaften und Stellung im System 19

V. Herkunft und Verbreitung der Bacterien 29

VI. Vegetationsprocesse. Aeußere Bedingungen: Temperatur und stoffliche Beschaffenheit der Umgebung. — Nutzanwendungen für Cultur, Desinfection, Antisepsis 39

VII. Verhältniss zu dem Substrat und Einwirkung auf dasselbe. Saprophyten und Parasiten. — Saprophyten als Erreger von Zersetzungen und Gährungen. — Eigenschaften der Gährungerreger 51

VIII. Wichtigste Beispiele von Saprophyten. Orientirung über die Nomenclatur. — Die charakteristischen Saprophyten der Gewässer: Crenothrix, Cladothrix, Beggiatoa. — Andere Wasserbewohner 58

IX. Gährungerregende Saprophyten. Harnstoffgährung. Nitrification. Essiggährung. Schleimgährungen. Milchsäurebildung. Kefir. Amylobacter. Eiweißzersetzungen. Bacterium Termo 65

X. Parasitische Bacterien. — Die Erscheinungen des Parasitismus 85

XI. Harmlose Parasiten der Warmblüter. Darmbewohner. Sarcina. Leptothrix, Micrococcus, Spirillum, Kommabacillus der Mundschleimhaut 91

XII. Milzbrand und Hühnercholera 96

Seite

XIII. Ursächliche Beziehungen parasitischer Bacterien zu den Infectionskrankheiten der Warmblüter überhaupt.

Einleitung 114
Rückfalltyphus 119
Tuberculose 120
Gonorrhoe 124
Wundinfectionskrankheiten 126
Erysipele 127
Trachom und Xerosis; Pneumonie, Lepra, Thierseuchen 128
Malaria 128
Unterleibstyphus und Diphtherie 129
Asiatische Cholera 131
Infectionskrankheiten, für welche der Nachweis des Contagium vivum fehlt 133

XIV. Bacterienkrankheiten der niederen Thiere und der Pflanzen.

Insectenkrankheiten 134
Pflanzenkrankheiten 136

Litteraturangaben und Anmerkungen 139

Namen-Register 145

I.

Einleitung. Bacterien oder Schizomyceten und Pilze. Bau der Bacterienzelle. (1)

Der Zweck dieser Vorlesungen ist, eine Uebersicht dessen zu geben, was man derzeit von den Wesen kennt, welche unter dem Namen Bacterien zusammengefasst werden. Auf das vielseitige Interesse, welches sich an dieselben knüpft, braucht heutzutage nicht weiter hingewiesen zu werden. Wird doch tagtäglich dem gebildeten Publikum nicht viel weniger vorgehalten, als dass ein gut Theil allen irdischen Heils und Unheils Bacterien zu verdanken ist. Wenn uns nun hierdurch der übliche Theil der Einleitung, welcher dem Zuhörer die Wichtigkeit des Gegenstandes einer Vorlesung ans Herz legt, erspart wird, so bleibt es um so nothwendiger, die Kehrseite der Sache gleich in der Einleitung hervorzuheben. Ich meine damit, dass darauf aufmerksam gemacht werden muss, wie die gestellte Aufgabe nur gelöst werden kann durch möglichst allseitige ruhige wissenschaftliche Betrachtung der in Frage kommenden Objecte. Und solche Betrachtung bringt mehr des Trocknen als des Spannenden und nach dem üblichen Sprachgebrauch Interessanten. Dadurch darf sich nicht abschrecken lassen, wer sich wirklich einige Kenntniss aneignen will.

Die Eintheilung unserer Betrachtung ergibt sich nach der gestellten Aufgabe von selbst. Es handelt sich darum, zuerst zu sehen, was die Bacterien sind, mit anderen Worten kennen zu lernen ihre Gestaltung, ihren Bau, ihre Entwickelung und an letztere anknüpfend ihre Herkunft. Sodann haben wir zu fragen, was sie thun, was für Heil und Unheil sie anrichten, das heißt ihren Lebensprocess zu betrachten und die Wirkungen nach außen, welche derselbe zur Folge hat.

Wir beginnen mit der ersten Frage und beschäftigen uns zuerst

einen Augenblick mit dem Namen. Die Bacterien, das sollte heißen Stabthierchen oder Stabpflänzchen, nach der Stabform vieler derselben, werden auch Spaltpilze, Schizomyceten genannt. Beide Ausdrücke sind, streng genommen, nicht gleichbedeutend.

Das Wort Pilze wird nämlich in zweierlei Sinne gebraucht. In dem einen bedeutet es diejenigen niederen, blüthenlosen Pflanzen, welche des grünen Laubfarbstoffes, des Chlorophylls, oder analoger Bestandtheile entbehren und hiermit bestimmte Eigenthümlichkeiten des Ernährungsprocesses zeigen. Von diesen wird später ausführlicher zu reden sein. Hier sei nur vorläufig bemerkt, dass alle chlorophyllfreien Organismen als Ernährungsmaterial bereits vorgebildete organische Kohlenstoffverbindungen erfordern und ihren Kohlenstoffbedarf nicht aus zugeführter Kohlensäure decken können. Die Verarbeitung dieser ist an das Chlorophyll und analoge Körper gebunden.

Die Pilze in diesem Sinne sind also eine durch bestimmte physiologische, an dem Merkmal des Chlorophyllmangels erkennbare Eigenthümlichkeiten charakterisirte Gruppe, etwa wie Vögel und Fledermäuse als Flugthiere in eine Gruppe zusammengefasst werden könnten.

In dem andern Sinne, jenem der beschreibenden, classificirenden Naturgeschichte bedeutet der Name Pilze eine durch bestimmte Charaktere des Baues und der Entwickelung ausgezeichnete, in Form der Schwämme und der Schimmel Jedem anschauliche Gruppe niederer Gewächse. Die Angehörigen dieser sind allerdings thatsächlich alle chlorophyllfrei, sie brauchten es aber, um zu der Gruppe zu gehören, ebensowenig zu sein, als ein Vogel nothwendig einen Flugapparat haben muss, um als solcher anerkannt zu werden. Zu diesen naturgeschichtlich und nicht einseitig physiologisch charakterisirten Pilzen gehören die Bacterien nach Bau und Entwickelung ebensowenig, wie die Fledermäuse zu den Vögeln. Und zwar um so weniger, als es eine, freilich geringe, Anzahl von legitimen Bacterien gibt, welche Chlorophyll und Chlorophyllfunction besitzen, also keine Pilze in dem physiologischen Sinne sind.

Aus diesen Gründen reden wir hier correcter von Bacterien als von Spaltpilzen. Bleibt man sich übrigens klar über den verschiedenen Sinn der Worte, so ist es gleichgültig, welches derselben man anwendet.

Gestaltung, Bau und Wachsthum der Bacterien sind, wenn wir zunächst von bestimmten Fortpflanzungserscheinungen absehen, also nur die vegetativen Zustände berücksichtigen, sehr einfacher Art.

Die Bacterien treten auf als Zellen von runder oder cylindrisch-stabförmiger, selten spindelförmiger Gestalt und sehr geringer Größe. Der Durchmesser der runden oder der Querdurchmesser der stabförmigen Zellen beträgt bei den meisten etwa 0,001 Millimeter (= 1 Mikromillimeter = 1 μ) oder noch weniger. Die Länge der stabförmigen Zellen geht bis auf das 2—4fache des Querdurchmessers, selten mehr. Erheblich größere Formen sind nicht zahlreich. Sieht man ab von den später genauer zu betrachtenden Formen aus der Gruppe von Beggiatoa, Crenothrix u. s. w., welche sich auch in anderer Hinsicht einigermaßen abweichend verhalten, so ist die größte Breite, welche derzeit beobachtet ist, 4 μ, bei den stabförmigen Zellen von Bacillus crassus van Tieghem.

Zellen hat man diese kleinen Körper zu nennen, weil sie wie Pflanzenzellen wachsen und sich theilen und weil nicht minder das, was man von ihrem Bau erkennen kann, mit den entsprechenden Erscheinungen bei Pflanzenzellen übereinstimmt. Freilich erlaubt die geringe Größe hier nicht, tiefer in die Details des Baues einzudringen. Zellkerne zu finden ist z. B. noch nicht gelungen — was übrigens auch von vielen kleinen Zellen anderer niederer Gewächse, zumal von Pilzen gilt, und vor nicht sehr langer Zeit von allen Pilzzellen galt. Man lernt eben bei fortgesetzter und successive vervollkommneter Untersuchung mit der Zeit mehr kennen. Die Bacterienzelle wird ihrer Hauptmasse nach gebildet aus einem Protoplasmakörper, welcher bei den kleineren Formen und auch bei den meisten größeren als eine völlig homogene, trübe, durchscheinende Masse erscheint, bei größeren jedoch auch öfters feinkörnige oder andere, später noch zu beschreibende Structur zeigt. Er stimmt mit den Protoplasmakörpern anderer Organismen im Allgemeinen überein in den Eiweiß- und Nuclein-Reactionen, welche er bei Anwendung der gewöhnlichen empirischen Reagentien zeigt: der Gelb- bis Braunfärbung durch Jodlösungen, der Aufspeicherung von, resp. intensiven Tinction durch Carminpräparate und Anilinfarbstoffe. Im Einzelnen kommen mancherlei specifische Differenzen in dem Verhalten zu diesen färbenden Reagentien vor. Dieselben liefern in manchen, bei späteren Veranlassungen zu erwähnenden Fällen sehr brauchbare diagnostische Merkmale.

Wie schon vorhin angedeutet, ist der Protoplasmakörper einiger, von Engelmann und van Tieghem beschriebener Bacterien, z. B. Bacillus virens v. T., durch Chlorophyllfarbstoff gefärbt, und zwar gleichförmig blass laubgrün. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ist er farblos; die meisten Bacterien erscheinen nicht nur einzeln unter

dem Mikroskop, sondern auch in Massenanhäufung rein- oder schmutzig-weiß; übrigens in letzterem Falle mit verschiedenen Nüancen nach grau, gelblich u. s. w., welche für den Geübteren selbst zur Artunterscheidung brauchbar sein können. Andererseits gibt es nicht wenige Bacterien, deren Massenanhäufungen lebhafte Färbungen zeigen: je nach Einzelfall Gelb, Roth, Grün, Violett, Blau, Braun etc. Schröter hat eine ganze Anzahl solcher Fälle zusammengestellt. Inwieweit diese Färbungen dem Protoplasmakörper angehören oder seiner — nachher zu besprechenden — Umhüllung, der Zellmembran, oder beiden, ist in den meisten Fällen nicht sicher zu entscheiden, weil die einzelne Zelle für sich allein ihrer geringen Größe halber überhaupt keine Färbung erkennen lässt. Bei manchen, relativ großen Formen, z. B. den von Zopf unter Beggiatoa roseo-persicina zusammengefassten, lässt sich allerdings sehen, dass der lebende Protoplasmakörper an der — hier hellrothen — Färbung mindestens Theil nimmt. Die Farbstoffe, um die es sich hier handelt, sind zum Theil etwas näher untersucht, auch mit besonderen Namen benannt worden, wie Bacteriopurpurin u. a. m. In ihrem optischen Verhalten zeigen sie, wie ja schon der Name der Farbe andeutet, mancherlei Aehnlichkeit mit Anilinfarbstoffen. Auf eine analoge chemische Zusammensetzung darf aber hieraus nicht geschlossen werden.

Von anderen öfters auftretenden Structur- oder Inhaltserscheinungen des Protoplasmakörpers ist von allgemeinerem Interesse das Auftreten von Stärkereaction. Bacillus Amylobacter, Spirillum amyliferum van Tiegh. zeigen in bestimmten Entwickelungsstadien die Eigenthümlichkeit, dass ein Theil des Protoplasmakörpers, von dem übrigen durch etwas stärkere Lichtbrechung ausgezeichnet, in wässeriger Jodlösung indigoblaue Farbe annimmt, gleich Stärkekörnern oder richtiger der dieselben großentheils aufbauenden Granulose. Die Verhältnisse, unter welchen dieses eintritt und wiederum verschwindet, werden unten näher besprochen werden. Auch Hansen's Micrococcus Pasteurianus und meistens Leptothrix buccalis zeigen Granulose-Reaction. Das Vorkommen körniger Ausscheidung von Schwefel in Beggiatoa sei hier, unter Verweisung auf die VIII. Vorlesung, noch kurz erwähnt.

Der Protoplasmakörper der Bacterien ist umgeben von einer Membran, Zellhaut. Bei einzeln in Flüssigkeit zerstreuten Exemplaren erscheint dieselbe unter dem Mikroskop als zarte Linie, welche die freie Oberfläche umzieht und etwa aneinanderstoßende Zellen von einander abgrenzt. Durch Reagentien, welche den Protoplasmakörper

gleichzeitig stark contrahiren und färben, die Membran aber nicht, z. B. alkoholische Jodlösung, kann dieselbe an größeren Formen auch von dem Protoplasmakörper getrennt zur Anschauung gebracht werden. (Vgl. Seite 13, Fig. 1, *p*) Ebenso tritt sie bei der S. 13 zu beschreibenden Sporenbildung deutlich hervor. Diese, dem Protoplasma dicht anschließende Membran ist wenigstens bei bestimmten Arten (Spirochaeten z. B.) sehr dehnbar und elastisch, denn man sieht sie Krümmungen folgen, welche der langgestreckte Körper oft macht, und bei denen der Protoplasmakörper allein activ sein kann. Die erwähnte, das Protoplasma direct umkleidende Membran ist aber wohl in allen Fällen nur die innerste, festere Schicht einer gelatinösen Hülle, welche den Körper umgibt. An nicht wenigen Formen sieht man dies bei aufmerksamer Untersuchung mit dem Mikroskop direct, auch wenn die Zellen oder kleinere Verbände derselben einzeln in Flüssigkeit liegen. Massenanhäufungen von Bacterien sind bei hinreichender Befeuchtung immer mehr oder minder gelatinös oder schleimig. Bei der Theilung der Zellen kann man das gelatinöse Aufquellen jeweils äußerer Membranschichten successive verfolgen. Wir können daher allgemein den Bacterienzellen gelatinöse Membranen mit dünner, relativ fester Innenschicht zuschreiben. Die Consistenz der Gallerte, ihre Quellbarkeit in Flüssigkeiten ist, wie alsbald näher besprochen werden soll, von Fall zu Fall gradweise sehr verschieden.

In dem Besitz solch gelatinöser Membranen stimmen die Bacterien überein mit vielerlei anderen niederen Organismen, von denen Nostocaceen und manche Spross- und Fadenpilze beispielsweise genannt sein mögen. Wie bei diesen Gewächsen hat sich die Gallertmembran für eine Anzahl untersuchter Formen als aus einem der Cellulose nahestehenden Kohlehydrat bestehend erwiesen; so speciell für das Bacterium der Essigmutter und das Froschlaich-Bacterium der Zuckerfabriken, Leuconostoc. Dem gegenüber ist die Angabe von Nencki auffallend, derzufolge die Membranen nicht näher bestimmter »Fäulnisbacterien« gleich dem zugehörigen Protoplasma zum größten Theile aus einer eigenthümlichen eiweißartigen Verbindung bestehen sollen, welche Mycoprotein genannt wird. Endlich ist hier noch eine Angabe Neisser's (2) anzuführen, welcher für das Bacterium der Xerosis conjunctivae, nach dem Verhalten zu Reagentien, vermuthet, dass die Membran oder Hülle erheblich fetthaltig sei. Weitere Untersuchungen über diese Dinge sind jedenfalls wünschenswerth. Die Membranen der wasserbewohnenden Cladothrix und Crenothrix sind oft durch eingelagerte Eisenverbindungen braun gefärbt.

Viele Bacterien sind in Flüssigkeit frei beweglich. Sie rotiren um ihre Längsachse oder schwingen pendelartig und bewegen sich oft lebhaft vor- und rückwärts. Man hat in Folge dessen nach Bewegungsorganen gesucht und es werden als solche angegeben Cilien oder Geißeln, sehr dünne fadenförmige Anhänge, den Enden bei stabförmigen Bacterien einzeln oder zu zweien ansitzend. Solche Cilien finden sich an vielen nicht zu den Bacterien gehörenden, nach Art dieser in Flüssigkeit frei beweglichen, relativ großen Zellen — z. B. den Schwärmzellen, Schwärmsporen zahlreicher Algen und mancher Pilze. Sie schwingen hier, so lange die Bewegung dauert, lebhaft im Sinne der Drehung um die Längsachse und können in Folge hiervon für die activen Bewegungsorgane gehalten werden. Diese Cilien der Algenschwärmzellen sind Fortsätze, Ausstülpungen gleichsam, der Oberfläche des Protoplasmakörpers. Sie gehören also diesem an. Wo er von einer Membran umgeben ist, treten sie durch Oeffnungen dieser ins Freie. Von solch charakteristischen Structurverhältnissen ist bei den Bacterien nichts beobachtet. Zarte fadenförmige Fortsätze werden an den bezeichneten Orten allerdings manchmal gefunden, und zwar an gefärbten, der Eintrocknung ausgesetzt gewesenen Exemplaren. Dass sie in Wirklichkeit da sind und nicht, wenigstens nicht immer in der Phantasie des Beobachters, wird durch die Thatsache gezeigt, dass sie in der Photographie wiedergegeben werden. Allein in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle findet man sie an noch so beweglichen Bacterien schlechterdings nicht, auch nach Tödtung und Färbung und mit den besten optischen Hülfsmitteln. Und wo sie sich finden, da sind sie, wie van Tieghem hervorhebt, nicht Fortsätze des zugehörigen Protoplasmakörpers, sondern gehören, ihrem Verhalten zu Reagentien nach, der Membran an, sind also wohl als fadenförmig ausgezogene Theile der weich gelatinösen Membranschichten aufzufassen. Mit den Cilien der Algenschwärmer haben sie hiernach nichts gemein und als Bewegungsorgane sind sie dann auch nicht anzusehen, da diese Function nur aus der Analogie mit jenen Algencilien erschlossen war. So verhält es sich wenigstens für die überwiegende Mehrzahl der Arten. Ob es Ausnahmsfälle gibt, ist durch fernere Untersuchungen zu entscheiden. Es ist hier hinzuzufügen, dass es zum Theil relativ stattliche niedere Gewächse gibt, z. B. die mit den Bacterien, wie unten noch zu besprechen sein wird, nach den vorhandenen Kenntnissen näher verwandten Oscillarien, welche ähnliche Bewegungen zeigen, ohne dass bei ihnen Cilien oder andere distincte Bewegungsorgane hätten nachgewiesen werden kön-

nen. Die Auffindung von Cilien bei den Bacterien ist also auch kein durch die Analogie gefordertes Postulat.

Die vegetirenden Bacterienzellen, wenn sie eine jeweils bestimmte Größe erreicht haben, theilen sich und vermehren sich durch successive Theilung in je zwei Tochterzellen. Was man von diesem Processe sieht, besteht in dem Auftreten einer zarten Querlinie, welche die Zelle in zwei Hälften zerlegt und sich nachmals durch gelatinöse Aufquellung als Anfang einer Zellmembran erweist. Das stimmt überein mit den von Theilungen größerer Pflanzenzellen bekannten Erscheinungen, und es steht der Annahme nichts im Wege, dass auch die Einzelheiten des Theilungsprocesses wie bei jenen ablaufen. Directe Beobachtung derselben gestattet die Kleinheit der Objecte hier nicht.

Es muss sogar hinzugefügt werden, dass die bei der Theilung auftretende Querwand anfangs oft so zart ist, dass sie der Beobachtung leicht entgeht und erst zur Anschauung kommt, wenn Reagentien, welche das Protoplasma stark färben und zum Schrumpfen bringen, eingewirkt haben, zumal alkoholische Jodlösung. Das ist zu beachten, wenn es sich um die Bestimmung von Zellenlänge handelt.

Die successiven Zweitheilungen erfolgen, je nach Einzelfall, entweder alle in gleicher Richtung, die Querwände sind also alle parallel; oder, seltener, sind letztere wechselnd nach zwei oder drei Raumesrichtungen gestellt, sodass sie sich dementsprechend successive schneiden, thatsächlich rechtwinklig kreuzen.

II.

Zellformen, Zellverbände und Gruppirungen.

Die Einzelzellen der Bacterien, deren einfacher Bau in Vorstehendem betrachtet wurde, können nun in den concreten Fällen in sehr mannigfacher Weise auftreten, theils nach ihrer und ihrer einfachsten Verbände Gestalt, theils nach ihrer Vereinigung oder Nichtvereinigung zu größeren Verbänden und den Eigenschaften dieser.

1. Nach der Gestalt der Einzelzellen und ihrer einfachsten genetischen Verbände unterscheidet man rundzellige Formen, gerade und schraubig gekrümmte Stabformen. Eine Billardkugel, ein Bleistift und ein Korkzieher veranschaulichen diese drei Hauptformen aufs Genaueste, sodass Niemand nöthig hat, zu seiner

Belehrung hier kostspielige Modelle, wie sie zum Kauf angeboten werden, zu benutzen.

Im Laufe der Entwickelung unserer Kenntnisse haben diese Gestalten verschiedenerlei Namen erhalten. Die runden sind heutigen Tages als Kokken am bekanntesten; je nach ihrer Größe redet man von Mikrokokken, Makrokokken; von Diplokokken, wenn sie nach einer Zweitheilung noch paarweise zusammenhängen; Monaden hießen sie, nebst manchen heterogenen Dingen, bei den älteren Autoren.

Die geraden Stabformen haben von den älteren Autoren speciell den Namen Stäbchen, Bacterien erhalten. Kurzstäbchen, Langstäbchen und andere Worte sind anschauliche, sonst werthlose Bezeichnungen für untergeordnete Besonderheiten der Gestalt.

Die Korkzieherformen heißen Spirillen, Spirochaeten. Nur wenig, d. h. nur in einem Theil eines Schraubenumgangs gekrümmte, also Mittelformen zwischen den beiden letzten Kategorien sind, im Anschluss an ältere Schriftsteller, von Cohn Vibrionen genannt worden.

Den Kokken- und Stäbchenformen kommt manchmal eine eigenthümlich abweichende Gestaltung zu, insofern, zwischen den in einer der angegebenen typischen Formen verbleibenden, einzelne Zellen zu voluminösen, die typischen Zellen um ein mehrfaches an Größe übertreffenden breit spindeligen oder ovalen Blasen anschwellen. Bei Bacillus-Arten, Cladothrix u. a., besonders häufig bei dem Micrococcus der Essigmutter ist dieses beobachtet. Es wird wohl nicht ohne Grund angenommen, ist aber doch noch zu prüfen, dass diese geschwollenen Formen die Producte krankhafter Entwicklung, die Anzeichen einer Rückbildung, einer Involution sind. Daher wurden sie von Nägeli und Buchner Involutionsformen genannt. (Vgl. Fig. 9.)

2. Nach der Art des Verbandes oder Nichtverbandes ist zuvörderst zu unterscheiden zwischen solchen Formen, deren genetische Verbindung und Anordnung nach den successiven Zweitheilungen erhalten bleibt, und anderen, bei denen sie getrennt oder verschoben wird.

In dem Falle des Vereintbleibens im Zusammenhang der Theilungsfolge erhalten wir

a) Reihenweise Anordnung der Zellen bei gleicher Richtung der successiven Theilungen. Ihrer fadenförmigen Gestalt nach nennt man solche Zellreihen nach altherkömmlicher Terminologie Fäden (Trichomata, Kützing); einer seltsamen Begriffsverwirrung verdanken sie auch

den Namen Scheinfäden, soll heißen Dinge, die Fäden zu sein scheinen, aber keine sind.

Es ist nach dem bisher Besprochenen selbstverständlich, erstens dass solche Fadenreihen, je nach runder oder anderer Form der Einzelzellen, ihrer Gestalt nach ungleich ausfallen müssen, und dass zweitens die Länge der Fadenverbände, nach Gliederzahl gerechnet, sehr verschieden wird sein können. Speciell von den Stab- und Schraubenformen mag hervorgehoben sein, dass die Zellen meist zu kurzen Reihen derart verbunden bleiben, dass das Stäbchen oder Spirillum aus mehr als einer Zelle thatsächlich besteht und dann nach einer bestimmten Vermehrung der Gesammtlänge und Gliederzahl an der ältesten Theilungsstelle in zwei getrennt wird. — Die Worte Leptothrix, Mycothrix und andere bezeichnen die längeren Fadenformen.

b) In einer Fläche und nach drei Dimensionen genetisch geordnete Zellverbände sind nach dem oben Gesagten seltener; für erstere ist z.B. Zopf's Bacterium merismopoedioides zu nennen; für letztere die würfelförmigen Zellpackete der Sarcina ventriculi. (Vgl. unten Fig. 13.)

Neben diesen Erscheinungen des genetischen Verbandes und mit ihnen mannigfach combinirt treten eine Reihe von Gruppirungen, wie man kurz sagen kann, auf, welche ihre Ursachen haben einmal und zum guten Theil in der Menge, der Cohäsion und sonstigen specifischen Eigenschaften der jedesmal gebildeten Gallertmembranen, sodann, hiermit wiederum combinirt, in den verschiedenartigsten specifischen Eigenthümlichkeiten, welche nicht allgemein kurz definirt werden können und ihre Erklärung, allerdings leider nur zu geringem Theile, bei der späteren Betrachtung der Lebensprocesse finden werden. Weiter ist dann die Beschaffenheit, zumal der Aggregatzustand des Substrats, eventuell von Einfluss auf die Gruppirung.

Geringe Mächtigkeit der Gallerthülle und höchstgradige, bis zum Zerfließen gehende Quellbarkeit derselben wird Trennung der Zellen oder einfachsten Verbände von einander zur Folge haben, wenn sie in Flüssigkeit wachsen. Mächtige Entwickelung und eng begrenzte Quellbarkeit der Gallerte wird in der gleichen Flüssigkeit die Zellen zu compacten Gallertmassen zusammenhalten. Das sind die Extreme, welche sich thatsächlich finden, nebst allen Abstufungen zwischen denselben. Die festeren Gallertmassen werden mit dem alten Namen Palmella oder mit dem jetzt üblichen neueren Zoogloea benannt; minder scharf umschriebene Zooglöen, um kurz zu reden, kann man anschaulich Schwärme nennen. — Je nach ihrem specifischen Ge-

wichte schon wird eine Zoogloea oder ein Schwarm in der gleichen Flüssigkeit an der Oberfläche schwimmen oder zu Boden sinken. Je nach weiteren specifischen Eigenschaften werden sich dann ihre Gesammtform und die Gruppirung der Einzelverbände in ihr gestalten.

Um dies nur an einigen Beispielen einstweilen zu erläutern, stehen hier drei Kolben mit der gleichen, 8—10procentigen Lösung von Traubenzucker und Fleischextract in Wasser. In dem einen ist die Flüssigkeit ziemlich gleichförmig getrübt von den kurzen, beweglichen Stäbchen des Bacillus Amylobacter. In dem zweiten ist die Oberfläche der wenig trüben Flüssigkeit bedeckt von einer weißen, runzligen oben trockenen Haut, dem B. subtilis, dem sogenannten Heubacillus angehörig. In dem dritten bilden die Fäden des dem letzteren sonst ähnlichen Milzbrand-Bacillus, B. Anthracis, einen flockigen Bodensatz in der klaren Flüssigkeit. Diesen Bodensatz kann man kaum Zoogloea nennen, eher Schwarm, wenn man will. Jene Heubacillus-Decke ist schon eine Zoogloea von charakteristischer Specialgestalt. Mehr oder minder ähnliche Bildungen findet man oft genug in Flüssigkeiten, welche zersetzbare organische Körper enthalten. Höchst charakteristische, in Flüssigkeit entwickelte Zooglöen sind der sogenannte Froschlaich in Zuckerfabriken und der Kefir. Ersterer ein rundzelliges Bacterium, Leuconostoc, mit massiger, compacter Gallerthülle, welches als froschlaichähnliche Masse ganze Bottiche erfüllen kann. Es wird noch später besprochen werden. Kefir-Körner nennt man Körper, welche von den Bewohnern im Kaukasus als Ferment benutzt werden zur Bereitung eines säuerlichen, kohlensäurereichen Getränkes aus der Milch. Die Kefirmilch wird neuerdings zu Heilzwecken auch bei uns verwendet. Die Kefirkörner sind im frischen lebenden Zustande weiße Körper von meist unregelmäßig rundlicher Form. Sie erreichen die Größe einer Wallnuss und darüber. Ihre Oberfläche ist kraus lappig, stumpf-höckerig und gefurcht, blumenkohlähnlich. Sie sind von fest und zäh gelatinöser Consistenz — nach dem Austrocknen bei gelblicher Färbung knorpelig spröde — und bestehen ihrer Hauptmasse nach aus einem stabförmigen Bacterium. Die Stäbchen dieses sind großentheils zu Fäden verbunden, welche in zahllosen Zickzackbiegungen eng durcheinander geflochten und mittelst ihrer zähen Gallertmembranen fest vereinigt sind. Hinzugefügt muss hier werden, dass die Bacterienfäden nicht die einzigen Formbestandtheile des Kefirkorns sind. Zwischen ihnen eingeschlossen finden sich vielmehr, zumal in der Peripherie, zahlreiche Gruppen eines (bierhefeähnlichen) Sprosspilzes, welcher mit dem Bacterium gemeinsam

wächst und gemeinsamen Haushalt führt; er steht jedoch dem Bacterium an Masse beträchtlich nach und ist bei der Zoogloeabildung nur passiv betheiligt.

Wachsen Bacterien anstatt in Flüssigkeiten auf nur nassem oder feuchtem, festem Boden, so tritt die Gruppirung zu Zooglöen auch bei solchen Formen leicht ein, welche innerhalb größerer Flüssigkeitsmenge durch die Zerfließlichkeit ihrer Gallerthüllen auseinandergehen. Die auf dem nur feuchten Substrat beschränktere Wasserzufuhr lässt die Gallerte dann nicht bis zum Zerfließen aufquellen. Auf getödteten Kartoffeln, Rüben u. dergl. sieht man oft Gallertklümpchen von weißer, gelblicher und anderer Färbung auftreten, die derartige Bacterienanhäufungen sind. Im Wasser zerfließen sie. Einen Specialfall hiervon stellt z. B. die vielbeschriebene Erscheinung des Blutwunders dar, des Micrococcus prodigiosus (Monas prodigiosa Ehrenberg). Auf stärkereichen Substanzen, wie gekochten Kartoffeln, Brot, Reis, Oblaten erscheinen blutrothe feuchte Flecke, die sich manchmal schnell und weit ausbreiten. Ihre Blutfarbe hat, wo sie unerwartet in Gegenständen menschlichen Haushalts erschienen, zu allerlei Aberglauben Anlass gegeben. Sie bestehen aus einem der oben erwähnten farbstoffbildenden Bacterien, welches den genannten Namen führt.

Entsprechend der oben angegebenen, nach den ungleichnamigen Formen ungleichen Gruppirung in der gleichen Flüssigkeit sind auch die Gestaltungen der Zooglöen auf festem Boden vielfach für auch anderweitig verschiedene Formen verschieden.

Aus allen diesen auf die Gruppirung bezüglichen Thatsachen ergibt sich, dass dieselben sehr werthvolle Merkmale für Charakterisirung und Unterscheidung der Formen abgeben können; um so werthvoller, je schwieriger bei der geringen Größe die mikroskopische Unterscheidung der Einzelzellen oft ist. In den Gruppirungserscheinungen treten eben specifische Eigenschaften, welche an der Einzelzelle zwar vorhanden sein müssen, aber mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln nicht oder nur schwer erkannt werden können, gleichsam angehäuft in größerem Maße hervor. Es ist das aber nichts absonderliches. Von vielen, im Vergleich zu den Bacterien riesengroßen und reich gegliederten Zellen können wir, wenn sie einzeln vorliegen, nicht mit Sicherheit sagen, ob sie einer Lilien- oder einer Tulpenpflanze angehören. In ihrer natürlichen Vereinigung oder Gruppirung aber bauen die einen immer nur die Tulpe, die anderen die Lilie auf, und hieran erkennt man, dass sie verschieden sind.

III.

Entwickelungsgang. Endospore und arthrospore Bacterien.

Die verschiedenen Gestaltungen und Gruppirungen, von welchen in den vorigen Abschnitten die Rede war, bedeuten zunächst nichts weiter als bestimmte, mit jeweils bestimmten Namen bezeichnete Formen der Erscheinung, so wie sie sich zu irgend einer Zeit der Beobachtung darbieten, und ohne Rücksicht darauf, woher sie stammen und was später aus ihnen wird. Sie sind Formen der vegetativen Entwickelung, Wuchsformen, wie man kurz sagen kann, entsprechend jenen, welche wir bei höheren Gewächsen etwa bezeichnen mit den Worten Baum, Strauch, Staude, Zwiebelgewächs u. s. w. Die reinen Gestaltungsformen entsprechen selbst nur einzelnen Gliedern bestimmten Wuchses, wie Holzstamm, Ranke, Knolle, Zwiebel u. s. f.

Will man wissen, was eine Ranke oder eine Zwiebel in der Kette der Erscheinungen zu bedeuten hat, will man das von irgend einer Erscheinungsform lebender Wesen überhaupt wissen, so muss man die oben angedeutete Frage beantworten, wo kommt sie her und was wird aus ihr, oder nach der üblichen Sprache ausgedrückt, welches ist ihr Entwickelungsgang. Denn jede Form eines lebenden Wesens, die wir zu irgend einer Zeit fixiren, mag sie auch in Millionen Exemplaren vorhanden sein, ist nur ein Glied in einer Kette periodischer Bewegungen, die mit einem gesetzmäßigen Wechsel der Formen einhergehen.

Wenn wir daher die Bacterien näher kennen lernen wollen, müssen wir jetzt nach ihrem Entwickelungsgang fragen.

Soweit die jetzigen Kenntnisse reichen, ist derselbe nicht bei allen ganz gleich. Man muss vielmehr zwei Gruppen unterscheiden, deren eine die endosporen, die andere die arthrosporen Bacterien genannt worden ist.

Die erste Gruppe umfasst eine Anzahl gerader Stabformen, die hier speciell mit dem Namen Bacillus bezeichnet werden soll, und einige schraubige Spirillen. Bei beiden sind die Erscheinungen, soweit bekannt, wesentlich die gleichen. Sie sollen hier für Bacillus näher beschrieben werden. Vgl. Fig. 1.

Die Bacillen sind auf der Höhe der Vegetation stabförmige Zellen von den vorhin beschriebenen Eigenschaften, einzeln oder zu einzelligen »Stäbchen« oder längeren Fäden im Verbande bleibend, beweg-

lich oder bewegungslos, in lebhaftem Wachsthum und Theilung (Fig. 1, *a—c*). Diese erlöschen schließlich und nun beginnt die Bildung eigenartiger Reproductionsorgane, Sporen. Soweit man diesen Vorgang verfolgen kann, fängt er an mit dem Auftreten eines relativ sehr kleinen punktförmigen Körnchens in dem Protoplasma einer bisher vegetativen Zelle. Dasselbe nimmt an Volumen zu und erweist sich bald als ein länglicher oder runder, stark lichtbrechender, scharf umschriebener Körper, der schnell, manchmal schon in wenigen Stunden seine definitive Größe erreicht und dann die fertige Spore darstellt (*d—f*). Dieselbe bleibt immer kleiner als ihre Mutterzelle. Protoplasma und sonstiger Inhalt dieser schwindet in dem Maße, als die Spore wächst, wird also ohne Zweifel zu Gunsten letzterer verbraucht, bis zuletzt die Spore innerhalb der zarten Membran der Mutterzelle nur mehr in wasserheller Substanz suspendirt erscheint (*r*, h_1).

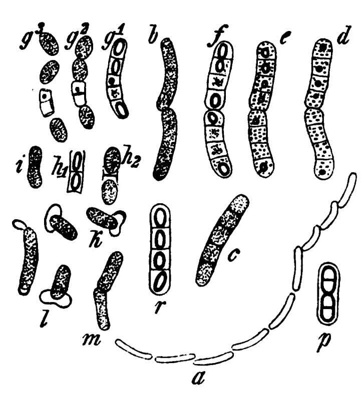


Fig. 1.

Im Einzelnen finden bei diesen Vorgängen mancherlei diagnostisch werthvolle Verschiedenheiten statt, zumal in der Gestaltung. Bei Bacillus Megaterium, Anthracis, subtilis z. B. ist die Gestalt der sporenbildenden Zelle nicht von jener der vegetirenden verschieden, die fertige Spore aber bei den beiden letztgenannten viel kürzer, bei B.

Fig. 1. Bacillus Megaterium. *a* Umriss einer lebhaft vegetirenden und beweglichen Stäbchenkette, 250mal vergr. Die übrigen Figuren nach 600facher Vergrößerung. *b* lebhaft vegetirendes bewegliches Stäbchenpaar, *p* ein vierzelliges Stäbchen dieses Zustandes nach Einwirkung alkoholischer Jodlösung. *c* fünfzelliges Stäbchen, in der ersten Vorbereitung zur Sporenbildung. *d—f* successive Zustände eines sporenbildenden Stäbchenpaares, *d* um 2 Uhr Nachmittags, *e* etwa 1 Stunde später, *f* eine Stunde später als *e*. Die in *f* angelegten Sporen sind gegen Abend reif; andere wurden nicht gebildet, die in der drittobern Zelle von *d* und *e* anscheinend angelegte verschwand vielmehr; die in *f* nicht sporenführenden Zellen waren um 9 Uhr Abends abgestorben. — *r* viergliedriges Stäbchen mit reifen Sporen. — g^1 fünfgliedriges Stäbchen mit 3 reifen Sporen, nach mehrtägiger Eintrocknung in Nährlösung gebracht. 12 Uhr 30 Mittags. g^2 dasselbe Exemplar um 1 Uhr 30, g^3 dasselbe um 4 Uhr. — h_1 zwei eingetrocknete und dann in Nährlösung gebrachte Sporen mit ihren Mutterzellmembranen, um 11 Uhr 45. h_2 dieselben um 12 Uhr 30. *i, k, l* spätere, im Texte, Seite 16, erklärte Keimungsstadien. — *m* Ein in Quertrennung begriffenes Stäbchen, aus einer vor 8 Stunden in Nährflüssigkeit gebrachten Spore erwachsen.

Anthracis kaum schmäler, bei B. subtilis oft etwas breiter als die Mutterzelle; bei B. Megaterium wenig kürzer als die relativ kurze Mutterzelle, aber viel schmäler (vgl. Fig. 1 und Fig. 2 S. 16).

Andere Arten zeigen die Sporen immer nach allen Richtungen viel kleiner als die Mutterzelle und diese schon vor oder während der Sporenbildung von den cylindrischen vegetativen dadurch ausgezeichnet, dass sie zu spindel- oder eiförmiger Gestalt dauernd anschwellen, sei es in ihrer ganzen Ausdehnung, sei es an dem Orte, wo die Spore liegt und welcher sich dann gewöhnlich an einem Ende befindet. In dem letzteren Falle sowohl, als dann, wenn einer ganz angeschwollenen Mutterzelle noch cylindrische einseitig anhängen, kommt die Erscheinung zu Stande, welche früher als Köpfchenbacterien beschrieben worden ist: cylindrische Bacterien mit einer (kopfartigen) sporenführenden Anschwellung am Ende. Beispiele dieser Art sind Bacillus Amylobacter (Fig. 12 unten), B. Ulna u. a. m.

Bei dem B. Amylobacter und dem Spirillum amyliferum van Tieghem geht die oben beschriebene Granulosebildung dem Auftreten der Spore voraus und der Ort, wo letzteres beginnt, ist durch Mangel der Granulose ausgezeichnet. Er erscheint in Jodlösung als ein blassgelblicher, ein Ende einnehmender Ausschnitt in dem im übrigen blau werdenden Stäbchen, ist übrigens auch schon ohne Reagens durch schwächere Lichtbrechung unterschieden. Mit dem Heranwachsen der Spore schwindet die Granulose. Nach Prazmowski ist dieselbe übrigens auch bei B. Amylobacter nicht immer vor der Sporenbildung vorhanden. Bei anderen Bacillen, z. B. den drei vorhin erstgenannten, findet sie sich nie; das Protoplasma ist vor der Sporenbildung nicht verändert oder höchstens etwas undurchsichtiger, bei größeren Formen deutlicher feinkörnig.

Eine Mutterzelle bildet, soweit mit Sicherheit ausgesagt werden kann, immer nur eine Spore. Das ist fast immer mit Sicherheit nachzuweisen und die wenigen Angaben, aus welchen anderes, nämlich die Bildung von zwei Sporen in einer Zelle, hervorginge, sind unsicher, weil sie keine Garantie gegen das etwaige Uebersehen von Zellgrenzen oder sonstige Irrungen enthalten.

In den Culturen findet die Sporenbildung gewöhnlich statt, wenn das übrige Wachsthum deshalb stille steht, weil das Substrat zu seiner Unterhaltung ungeeignet geworden ist, sei es, dass es erschöpft ist, wie man zu sagen pflegt, sei es, dass die Menge beigemischter Zersetzungsproducte der vegetativen Entwickelung hinderlich wird. Die Sporenbildung erstreckt sich dann rasch über die Mehrzahl der Zellen

und Specialverbände einer reichlich vorhandenen Form. Einzelne dieser bleiben wohl davon ausgeschlossen, in manchen sieht man auch wohl Sporenbildung beginnen, aber nicht zu Ende geführt werden. Alle diese an der normalen Sporenbildung nicht theilnehmenden Zellen sterben schließlich ab und zerfallen, wenn sie nicht rechtzeitig in frisches Substrat gebracht werden.

Bei anderen Bacillen, z. B. B. Amylobacter, verhält sich das aber anders. Die Sporenbildung beginnt hier in einzelnen Zellen und erstreckt sich nach und nach auf immer mehr derselben, während zahlreiche andere fortfahren zu vegetiren und sich zu theilen. Man darf daher das Ungeeignetwerden des Substrats für die Vegetation nicht für die allgemein bestimmende Ursache der Sporenbildung halten.

Sporen nennt man allgemein solche Zellen, welche von einer Pflanze abgegliedert werden, um unter geeigneten Bedingungen wiederum zu einem neuen vegetirenden Pflanzenkörper heranzuwachsen. Der Beginn dieses letzteren Vorgangs wird Keimung genannt. Dem entsprechenden Verhalten verdanken die Körper, welche uns beschäftigen, den Namen, unter welchem sie eingeführt wurden.

Sind sie völlig erwachsen, reif, so wird die Mutterzellmembran nach und nach aufgelöst oder verquollen, die Sporen hierdurch befreit. Sie behalten ihre oben beschriebene Beschaffenheit: je nach Species runde, eiförmige, stabförmige, selten anders gestaltete Körper, dunkel contourirt und gewöhnlich farblos, aber mit eigenthümlich bläulichem Glanze, bei Bac. erythrosporus, nach Cohn, röthlich. Um den dunkeln Contour erkennt man oft eine sehr blasse, augenscheinlich weich gelatinöse Hülle, welche die Spore entweder ringsum gleichmäßig überzieht oder an beiden Enden stärker und zu Fortsätzchen ausgezogen ist.

Dass die Spore eine von dünner aber recht derber, durch den dunkeln Contour innerhalb der Gallerthülle angegebener Membran umzogene Zelle ist, zeigt sich bei der Keimung. Diese tritt ein, wenn die reife Spore in die zur Vegetation der Species geeigneten Bedingungen, Zufuhr von Wasser, geeigneten Nährstoffen und günstige Temperatur gebracht wird. Sie beginnt damit, dass die Spore die starke Lichtbrechung, den Glanz und dunkeln Umriss verliert, das Ansehen einer vegetirenden Zelle annimmt, und gleichzeitig heranwächst zu dem Volumen und der Gestalt der vegetativen Zelle, welcher sie den Ursprung verdankt. In dem Maße, als sich dies vollzieht, tritt bei den locomobilen Arten die Bewegung ein. Folgt dann Wachsthum, Theilung u. s. w., wie sie für die vegetirenden Zustände

oben beschrieben worden sind und mit abermaliger Sporenbildung zuletzt ihr Ende erreichen. Oft vergehen nur wenige Stunden zwischen dem ersten merkbaren Beginn der Keimung und lebhaftem vegetativen Wachsthum. Vgl. oben, Fig. 1, *h*—*m*.

Wenn die erste Streckung begonnen hat, so sieht man oft eine aufgerissene Membran von der Außenfläche der wachsenden Zelle sich abheben, augenscheinlich abgehoben werden durch eine, die neue Membran der Zelle umgebende quellende gelatinöse Außenschicht. Je nach der Species geht der Riss durch die Membran der Länge nach oder quer über die Mitte. Ersteres ist nach Prazmowski bei Bac. Amylobacter der Fall und kommt auch bei anderen Arten vor. Letzteres findet z. B. statt bei B. Megaterium (Fig. 1) und B. subtilis (Fig. 2 B.); der Querriss geht dabei entweder ganz durch, so dass jedem Ende der Zelle eine Membranhälfte als Kappe aufsitzt; oder die Hälften bleiben an einer Seite zusammenhängen, so dass die wachsende Zelle aus einem klaffenden Spalt hervortreten muss (vgl. Fig. 1, *h*—*l*). Die aufgerissene Membran ist meist zart und blass. Nur bei Bac. subtilis behält sie anfangs den Glanz und dunkeln Umriss der ungekeimten Spore, so dass wahrscheinlich wird, dass diese Erscheinungen von der Membran herrühren. Früher oder später verquillt die aufgerissene Membran und entschwindet der Beobachtung. Von sehr frühzeitiger Verquellung rührt es wohl her, dass man manchmal, z. B. bei Bac. Megaterium, an den einen keimenden Sporen keine deutliche Membranabhebung sieht, während sie bei anderen vorhanden ist; und bei anderen Arten, z. B. Bac. Anthracis, überhaupt keine Membranabhebung findet.

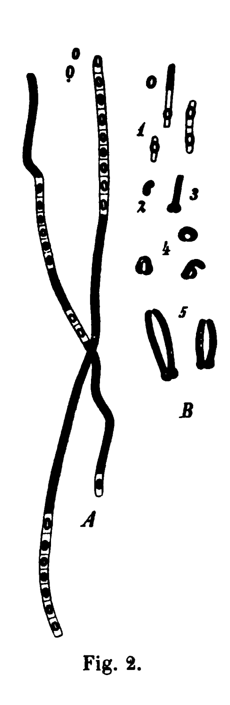


Fig. 2.

Fig. 2. Nach 600facher Vergr. gezeichnet. *A* Bacillus Anthracis. Zwei, theilweise in vorgeschrittener Sporenbildung stehende Fäden, oben zwei reife frei gewordene Sporen. Aus einer Objectträgercultur in Fleischextractlösung. Die Sporen sind bei der Ausführung etwas zu schmal geworden; sie füllen die Mutterzelle der Quere nach nahezu vollständig aus. *B* Bacillus subtilis. *1* Fadenfragmente mit reifen Sporen. *2* Beginn der Sporenkeimung; Außenwand quer aufgerissen. *3* Junges Stäbchen in der gewöhnlichen Querstellung aus der Sporenwand hervorsehend. *4* Keimstäbchen in Hufeisenkrümmung eingeklemmt, das eine später mit einem Ende befreit. *5* Mit beiden Enden eingeklemmt gebliebene und schon stark herangewachsene Keimstäbchen.

Das Längswachsthum der ersten Zelle bei der Keimung hält immer die gleiche räumliche Richtung ein, welche die Längsachse der Spore resp. die Mutterzelle dieser hatte. Dies gilt auch für Bacillus subtilis (Fig. 2), welcher sich auf den ersten Blick anders zu verhalten scheint. Aus dem klaffenden Querriss der Sporenmembran tritt hier nämlich die stabförmige erste Keimzelle gewöhnlich so hervor, dass ihre Längsachse jene der Spore rechtwinklig kreuzt, das rührt aber nicht von einer entsprechenden Divergenz des Längswachsthums, sondern daher, dass hier die Keimzelle, wenn sie einige Länge erreicht hat, eine Schwenkung um 90 Grad macht und hierdurch nach einer Seite rechtwinklig aus dem Membranriss hervorsteht. Augenscheinlich wird die Keimzelle zu der Schwenkung veranlasst durch den Widerstand, den die hier sehr elastische und immer nur einseitig aufgerissene Sporenmembran der Längsstreckung entgegensetzt. Bei sehr schnellem Wachsthum können beide Enden des jungen Stäbchens in der Membran stecken bleiben und die Mitte krümmt sich alsdann bogig aus der Oeffnung hervor. Erst später, wenn Theilung und Zergliederung in Theilstäbchen eingetreten ist, strecken sich diese wieder gerade.

Die beschriebene endogene, d. h. im Innern der bisher vegetativen Zellen stattfindende Sporenbildung unterscheidet die endosporen Formen scharf von den übrigen Bacterien, welche wir arthrospore genannt haben. Der Name soll bedeuten, dass hier losgetrennte Glieder des Verbands oder der Generationsreihe vegetativer Zellen unmittelbar, ohne vorherige endogene Neubildung, Sporenqualität annehmen, d. h. zu Ausgangsgliedern neuer vegetativer Generationen werden können. Bei einer Anzahl hierher gehöriger Formen kann man einen mehr oder minder scharfen morphologischen Unterschied zwischen vegetativen Zellen und Sporen finden. Bei anderen ist, nach unsern derzeitigen Kenntnissen, ein solcher überhaupt nicht vorhanden.

Einfache Beispiele hierfür liefern zunächst der oben schon erwähnte Froschlaich, Leuconostoc und das Bacterium Zopfii Kurth. Ersterer (Fig. 3) besteht nach van Tieghem's Beschreibung aus gekrümmten, rosenkranzförmigen Reihen runder Zellchen, welche von festen Gallerthüllen umscheidet und in großer Zahl zu den erwähnten Zooglöen vereinigt sind (*a*, *b*). Zu Ende der Vegetation, nach Erschöpfung des Nährsubstrats, stirbt ein großer Theil der Zellen ab. Einzelne regellos vertheilte Glieder der Reihen werden dagegen etwas größer als die übrigen, schärfer contourirt, also wohl derbwandiger, ihr Protoplasmakörper dunkler (*c*). Sie werden schließlich frei da-

durch, dass die Gallerthüllen zerfließen; und sie haben auf den Namen Sporen Anspruch, weil sie, in frische Nährlösung gebracht, zu neuen, den mütterlichen gleichen Rosenkranzreihen heranwachsen (*d*—*h*).

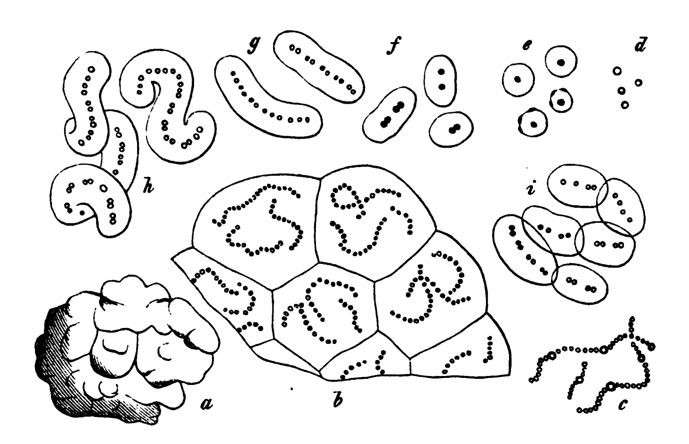


Fig. 3.

Bacterium Zopfii hat Kurth ursprünglich im Darm von Hühnern gefunden und dann cultivirt, theils in Gelatine, theils in geeigneten wässerigen Lösungen. In dem frischen Substrat vegetirt das Bacterium zuerst in Stäbchenform. In der Gelatine bleiben die Stäbchen zu großen, oft knäuelig gekrümmten Fäden verbunden, in der Flüssigkeit werden nur bei einer Temperatur von über 35° kurze und zwar bewegungslose Fäden gebildet; bei 20° trennen sich die Fäden in bewegliche Stäbchen. Am Ende der Vegetation, wenn das Substrat »erschöpft« ist, zerfallen die Stäbchen in kurze rundliche Glieder und diese können wiederum Sporen heißen, denn in frischem Substrat wachsen sie wiederum zu Stäbchen resp. Fäden aus.

Wenn auch reicher und mannigfacher gegliedert, so schließt sich doch auch hier an der Entwickelungsgang von Crenothrix, Clado-

Fig. 3. Leuconostoc mesenterioides. Nach van Tieghem, Ann. sc. nat. 6. Sér. Tom. 7. *a* Skizze einer Zoogloea, natürl. Größe. *b*—*i* Vergr. 520. *b* Durchschnitt durch eine erwachsene Zoogloea, welche vor Beginn der Sporenbildung steht. *c* Fäden mit Sporen aus einem älteren Exemplar. *d* isolirte, reife Sporen. *e*—*i* successive Keimungsproducte der in Nährlösung ausgesäten Sporen. Entwickelungsfolge nach den Buchstaben. In *e* zeigen die beiden unteren Exemplare die Stücke der geborstenen Sporenhaut auf der Außenfläche der Gallerthülle durch dunkle Striche angedeutet. *i* Stück eines aus *h* hervorgegangenen, in kurze Glieder zertheilten Gallertkörpers, dessen einzelne Glieder durch Druck von einander getrennt sind.

thrix, Beggiatoa, wie ihn Zopf beschrieben hat. Derselbe wird weiter unten (VIII) besprochen werden.

Beispiele der anderen, einfachsten Art sind, nach unseren heutigen Kenntnissen, sämmtliche als Micrococcus beschriebene Formen. Vgl. Fig. 4. Jede vegetative Zelle kann jederzeit als eine neue Vegetationsreihe beginnen, ein Unterschied zwischen specifisch reproductiven Sporen und vegetativen Zellen ist nicht vorhanden.



Fig. 4.

Die Unterscheidung zwischen endosporen und arthrosporen Bacterien ist durch den heutigen Stand unserer Kenntnisse gefordert. Ob und wieweit sie von Dauer ist, muss abgewartet werden. Die Kenntnisse sind derzeit noch so unfertig, dass man einerseits die Auffindung endogener Sporenbildung bei Formen, an denen sie noch unbekannt ist, erwarten, andererseits nicht wissen kann, ob nicht mit der Zeit Thatsachen sich herausstellen werden, durch welche jene scharfe Abgrenzung hinfällig wird.

IV.

Die Species. Negation distincter Species. Unzureichende Begründung derselben. — Untersuchungsmethode. — Verwandtschaften und Stellung der Bacterien im System.

Nachdem wir den Entwickelungsgang der Bacterien in seinen Hauptzügen kennen gelernt haben, kommen wir zu der vielfach discutirten Frage, ob und wieweit es unter den Bacterien im Sinne der Naturbeschreibung specifisch unterscheidbare Formen, Species, Arten gibt. Denn die Species werden unterschieden nach dem Entwickelungsgang. Die Gesammtheit der Einzelwesen und Generationen, welche während der zu Gebote stehenden Beobachtungszeit den gleichen, periodisch wiederholten Entwickelungsgang — innerhalb empirisch bestimmter Variationsgrenzen — zeigen, nennt man Species. Wir beurtheilen den Entwickelungsgang nach den successive in ihm auftretenden Gestaltungen. Diese bilden die Merkmale für die Erkennung und Unterscheidung der Species. Bei höheren Pflanzen und Thieren ist man gewöhnt, die Merkmale vorzugsweise von einem Abschnitte des Entwickelungsganges herzunehmen, nämlich von dem,

Fig. 4. Micrococcus Ureae Cohn aus faulendem Harn. Einzelzellen und Reihenverbände (= Streptococcus). Vergr. 1100.

in welchem sie möglichst scharf hervortreten. Man erkennt den Vogel besser »an den Federn«, als z. B. an den Eiern. Dieses abgekürzte Unterscheidungsverfahren ist zweckmäßig, wo es einen solch prägnanten Entwickelungsabschnitt gibt, der die Berücksichtigung anderer überflüssig macht. Das geht aber nicht überall. Je einfacher die Gestaltungen eines Organismus sind, desto größer muss die zur Charakterisirung und Unterscheidung nothwendige Entwickelungsstrecke werden, desto mehr hat man zur Unterscheidung nöthig, den ganzen Entwickelungsgang der Arten, wenn ich bei dem Bilde bleiben darf, von dem Ei der ersten bis zum Ei der nächsten Generation zu vergleichen. Gelingt es auf diesem Wege, irgend ein brauchbares Einzelmerkmal zu finden, so ist das sehr angenehm; man darf sich aber auf diese Auffindung nicht allzusehr verlassen.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass verschiedene Species sich bezüglich der in ihrem Entwickelungsgang successiv auftretenden Gestaltungen sehr ungleich verhalten können. Bei den einen kehren immer die gleichen successiven Gestaltungen mit relativ geringen individuellen Schwankungen wieder. Man kann sie gleichförmige Species nennen. Die meisten gewöhnlichen höheren Pflanzen und Thiere sind Beispiele hierfür und nicht minder viele niedere, einfachere. Man kann sie bei einiger Erfahrung leicht unterscheiden, selbst nach einzelnen aus dem Entwickelungszusammenhang getrennten Stücken. Jedes einzelne abgerissene Blatt genügt z. B., um eine Rosskastanie zu erkennen.

Die anderen Arten sind vielgestaltig, pleomorph, sie können selbst in den gleichnamigen Abschnitten unter sehr ungleichen Gestalten auftreten, theils nach der Einwirkung bekannter und experimentell willkürlich zu ändernder äußerer Ursachen, theils nach inneren Ursachen, welche der Analyse derzeit nicht zugänglich sind. Im Gegensatz zu der erwähnten Rosskastanie bildet z. B. der weiße Maulbeerbaum, ohne feste Regel der Aufeinanderfolge, sehr ungleiche Laubblätter, die einen einfach herzförmig, andere tief gebuchtet und gelappt. Nach einem der letzteren kann man die Species nicht erkennen, wenn man zufällig vorher nur die herzförmigen gesehen hat. Bei niederen Pflanzen, sie brauchen noch lange nicht zu den einfachsten und kleinsten zu gehören, wie die Bacterien, tritt dieses oft noch in viel höherem Maße hervor. Viele größere Pilze, z. B. die Mucor-Formen, grüne Algen, z. B. das merkwürdig pleomorphe Botrydium granulatum [1]), zeigen solche Erscheinungen in der auffallendsten Weise,

1) In der Vorlesung wurden diese Dinge zum Theil ausführlicher demonstrirt; hier kann wohl auf die Literatur verwiesen werden.



zumal, wenn das bei solchen Gewächsen häufige Verhalten hinzukommt, dass die successiven Entwickelungsglieder nicht miteinander in länger dauerndem Zusammenhang bleiben, wie die Laubblätter des Maulbeerbaums, sondern sich von einander trennen und einzeln für sich vegetiren. Findet man dann die einzelnen gesonderten Dinge, und ist man nach der Erfahrung mit der Kastanie gewöhnt, nach der Einzelform jedesmal eine Species zu unterscheiden, so geräth man in Irrthümer, deren die Geschichte genug aufzuweisen hat. Sieht man aber zu, wie jede Einzelform sich weiter entwickelt und wie sie entstanden ist, so ergibt sich für alle der gleiche Gang und die Herkunft von und das Zurückkehren zu den gleichen Anfängen resp. Entwickelungszielen.

Die pleomorphen Species sind also von den relativ einförmigen nur verschieden durch den mannigfaltiger gestalteten und gegliederten Entwickelungsgang, die Qualitäten der Species aber kommen ihnen nicht minder zu, wie jenen anderen.

Für die Species der Bacterien sind nun zwei im Extrem sehr verschiedene Ansichten ausgesprochen worden.

Nach der einen verhält es sich mit ihnen wie mit den Nichtbacterien, also allen übrigen Pflanzen und Thieren, sie sondern sich also in Species, wie diese. Das galt als selbstverständlich für die älteren Beobachter, seit der ersten Entdeckung der Bacterien durch Leeuwenhoek (1722) (3) bis zu der im Anfang der siebziger Jahre von Ferd. Cohn (4) begonnenen intensiveren und ausgedehnteren Bearbeitung dieser Wesen. Im Anschluss an seine älteren Vorgänger, zumal Ehrenberg (5), suchte Cohn die ihm und Anderen bekannt gewordenen Formen übersichtlich zu classificiren. Es galt, in das vorhandene, der Durcharbeitung bedürftige Material einmal provisorische Ordnung zu bringen, und dabei durfte oder musste von der — allerdings erst zu beweisenden — Annahme ausgegangen werden, dass eine bestimmte Form, wie bei den obigen relativ gleichförmigen Arten, jedesmal eine Species characterisirt. Die Species wurden daher nach Gestalt, Wuchsform, und mit Zuhülfenahme ihrer Wirkungen auf das Substrat unterschieden und dann weiter classificirt. Die oben für bestimmte Wuchsformen, wie Baum und Strauch, angewandten Namen Coccus, Spirillum, Spirochaete etc. wurden zur Bezeichnung bestimmter naturhistorischer Gattungen, wie Birke, Kastanie u. s. w. angewendet, Formgattungen, wie wir nach diesem Thatbestand sagen können.

Ob diese Formgattungen und Formspecies wirklich in allen Punk-

ten mit Gattungen und wirklichen Arten der Naturbeschreibung sich deckten oder nicht, ließ Cohn ausdrücklichst dahingestellt und fernerer Untersuchung vorbehalten.

In Gegensatz zu der in Cohn's provisorischer Classification ausgesprochenen Anschauung traten andere, welche in ihrer extremsten Fassung distincte Species unter den Bacterien überhaupt in Abrede stellen. Die Formen, welche beobachtet werden, sollen wechselsweise auseinander hervorgehen, die eine in die andere umzüchtbar sein durch Wechsel der Lebensbedingungen; mit diesem Wechsel soll dann auch, was streng genommen nicht in die vorliegende Betrachtung gehört, eine Veränderung in der Wirkung auf das Substrat eintreten können. Einen prägnanten Ausdruck erhielt diese Anschauung 1874 in einem großen Buche von Billroth (6), welcher alle von ihm untersuchten Formen, und es sind ihrer zahlreiche und mannigfaltige, in eine Species zusammenfasste, die er Coccobacteria septica nennt. Die gleichen Anschauungen vertreten Nägeli (7) und seine Schule seit 1877. Nägeli drückt allerdings seine Meinung auf der einen Seite vorsichtig und mit Vorbehalt aus, indem er sagt, er finde keine Nöthigung, die Tausende von Bacterienformen, welche ihm vorgekommen, auch nur in zwei Species zu sondern; es sei jedoch gewagt, auf einem noch so wenig durchgearbeiteten Gebiet eine bestimmte Ansicht auszusprechen. Andererseits geht er aber bis zu dem Ausspruch: Wenn meine Ansicht richtig ist, so nimmt die gleiche Species im Laufe der Generationen abwechselnd verschiedene, morphologisch und physiologisch ungleiche Formen an, welche im Laufe von Jahren und Jahrzehnten bald die Säuerung der Milch, bald die Buttersäurebildung im Sauerkraut, bald das Langwerden des Weins, bald die Fäulniss der Eiweißstoffe, bald die Zersetzung des Harnstoffs, bald die Rothfärbung stärkemehlhaltiger Nahrungsstoffe bewirken, bald Typhus, bald recurrirendes Fieber, bald Cholera, bald Wechselfieber erzeugen.

Gegenüber diesem Satze erfordern schon die practischen Interessen, über die in Rede stehende Speciesfrage eine bestimmte Ansicht zu gewinnen, denn für die medicinische Praxis z. B. ist es gewiss nicht gleichgültig, ob ein in saurer Milch oder anderen Nahrungsmitteln überall unschädlich vorhandenes Bacterium zu irgend einer Zeit in eine Form umgewandelt werden kann, welche Typhus oder Cholera erzeugt, oder ob es sich nicht so verhält. Das wissenschaftliche Interesse fordert auf alle Fälle eine Entscheidung über die Frage.

Fortgesetzte Untersuchung hat nun schon jetzt, wie wohl behauptet werden darf, die Entscheidung geliefert und zwar dahin, dass

es sich auf dem in Rede stehenden Gebiete mit den Species und ihrer Unterscheidung nicht anders verhält, als auf anderen Specialgebieten.

Die Species lassen sich unterscheiden, sobald man sorgfältig genug den Entwickelungsgang verfolgt. Manche der durch Brefeld, van Tieghem, Koch, Prazmowski näher bekannt gewordenen sind relativ gleichförmig; sie treten in den vegetativen Abschnitten der Entwickelung in der Regel in den gleichen Gestaltungs- oder Wuchs- und Gruppirungsformen auf. Andere sind in dieser Beziehung mannigfaltiger; sie zeigen in verschiedenem Grade die Erscheinungen der Pleomorphie. Von den oben beschriebenen endosporen Bacillen ist zumal B. Megaterium für Gleichförmigkeit ein gutes Beispiel. Aus der Spore erwächst ein bewegliches Stäbchen, aus dessen Wachsthum successive gleiche Stäbchengenerationen hervorgehen, bis es in diesen wiederum zur Sporenbildung kommt. Vgl. Fig. 1, Seite 13.

B. subtilis verhält sich, bei normalem Gedeihen in Flüssigkeit, insofern etwas anders, als aus der Sporenkeimung successive Generationen in der Flüssigkeit lebhaft beweglicher Stäbchen hervorgehen, die aus diesen wachsenden späteren Generationen aber zu langen Fäden verbunden bleiben, bewegungslos und auf der Oberfläche der Flüssigkeit zu der S. 10 erwähnten Zoogloeahaut gruppirt sind. In diesem Zustande bilden sie dann wiederum Sporen. Hier ist also schon eine geringe Viel-, man kann sagen Zwei- oder, wenn die Sporen mitgerechnet werden, Dreigestaltigkeit vorhanden, und zwar in jedesmal regelmäßig von einer Sporengeneration zur anderen wiederholter Folge. Auch die speciellen Gestalt- und Größenverhältnisse bleiben dabei innerhalb bestimmter Schwankungsgrenzen jedesmal die gleichen. Schwankungen in der bezeichneten Richtung kommen allerdings hier vor, wie überall in den organischen Reichen. Auch Krüppelformen können vorkommen. B. Megaterium z. B. sah ich in ungünstigen Ernährungsverhältnissen öfter in seine ohnehin schon kurzen Glieder sich theilweise trennen, diese sich abrunden und auf diese Weise Kokken, wenn man so sagen will, darstellen. Auch andere ungewöhnliche Formen traten daneben auf. Sporenbildung trat nicht oder kaum ein. Günstige Ernährungsverhältnisse führten diese Krüppelformen wieder in die normale über.

Für pleomorphe Species sind die oben erwähnten arthrosporen Arten, Crenothrix, Beggiatoa, nach den vorliegenden Angaben besonders auffallende Beispiele (vgl. VIII); zumal die in gerader und in beweglicher Schraubenform auftretenden und außerdem selbständig wachsende

Zooglöen bildenden Beggiatoen. Es ist jedoch gerade bei diesen Formen der Entwickelungsgang, wie schon oben hervorgehoben wurde, noch nicht so vollständig verfolgt und klar gestellt, dass die Möglichkeit ausgeschlossen ist, die scheinbar regellose Pleomorphie habe hier ihren Grund in der Vermengung von jeweils mehreren minder vielförmigen Species.

Wer den einschlägigen Gegenständen und Untersuchungen ferner steht, wird nun fragen, wie es zu solch einschneidender Meinungsdifferenz, wie zwischen Negation und Anerkennung von Species, kommen kann. Die Antwort lautet, dass die Differenz ihren Grund hat in Verschiedenheiten, resp. einerseits Fehlern der Untersuchungsmethode. Ich verstehe dabei unter Methode nicht, wie derzeit üblich, practische Hand- und Kunstgriffe bei der Untersuchung, sondern den Gang der Fragestellung und der Beurtheilung der beobachteten Erscheinungen.

Die Species ist, wie bekannt und schon oben auseinandergesetzt worden ist, nur bestimmbar durch und nur erkennbar am Entwickelungsgang und dieser besteht in der successiven Entwickelung von Formen, einer aus der anderen. Die von diesen später vorhandenen entstehen aus den früheren, als Theile dieser, sie stehen daher mit denselben zu irgend einer Zeit in lückenloser Continuität, auch wenn sie später von ihnen abgetrennt werden. Der Nachweis des Zusammengehörens in einen Entwickelungsgang kann daher nur erbracht werden durch den Nachweis dieser Continuität. Jeder andere Versuch, denselben zu erbringen, z. B. durch noch so sorgfältige Beobachtung an dem gleichen Orte nach einander auftretender Formen, Construction einer hypothetischen Entwickelungsreihe durch noch so genaue und geistreiche Vergleichung dieser, enthält einen logischen Fehler. Wir unterscheiden z. B. eine Weizenspecies nach ihrem Samen, ihrem Halm und Laub, ihren Blüthen und Früchten, und wissen, dass diese wechselsweise aus einander hervorgehen. Letzteres wissen wir aber nur durch die Beobachtung, dass und wie das eine dieser Glieder als Theil des anderen entsteht. Das Weizenkorn gehört uns zur Weizenpflanze nur aus diesem Grunde, gleichviel ob es irgendwo an dieser sitzt, oder abgefallen am Boden oder ausgedroschen auf dem Speicher liegt. Dass der Halm und das Laub zu dem Korn gehören, wissen wir aus der Beobachtung seines Entstehens als Theil des Korns; nicht aus jener, dass da, wo Weizen gesäet ist, später Weizenpflanzen wachsen. An demselben Orte kann ja auch Unkraut wachsen.

Diese Betrachtung klingt trivial; jeder wird sie für selbstverständ-

lich halten und sie ist es auch. Aber sie kann nicht oft genug wiederholt werden, denn gegen die Logik, welche sie veranschaulichen soll, wird fort und fort gesündigt und eine Masse Confusion verdankt diesen Verstößen ihre Entstehung. Das kann zunächst wieder an der Hand unseres Beispiels selbst gezeigt werden, denn noch in den 40er Jahren wurde die Entstehung von allerlei Unkräutern aus dem Samen des Weizens behauptet und von sonst sehr gebildeten und verständigen Leuten (8) für möglich gehalten, weil besagte Unkräuter an den Orten aufgingen, wo Weizen gesät worden war. Wer aber am richtigen Orte nachsieht, der findet, dass aus dem Weizenkorn entweder Weizen oder gar nichts, dass das Unkraut nur aus dem Samen der jeweiligen Unkrautspecies erwächst, und dass, wo diese statt des Weizens oder mit ihm aufgeht, ihr Same auf irgend eine Art an den Ort der Aussaat gekommen ist.

Aehnliche Anschauungen und Irrthümer wie in dem Weizenbeispiel haben sich wiederholt für kleinere Objecte, Algen, Pilze, größere sowohl wie mikroskopisch kleine. Die einzelnen Species wurden mangelhaft erkannt, verschiedene mit einander in genetischen Zusammenhang gebracht, weil die Continuitätsbeobachtung versäumt oder mangelhaft ausgeführt und die Beobachtung der zeitlichen Aufeinanderfolge am gleichen Orte oder die Vergleichung der bei einander vorkommenden Formen an ihre Stelle gesetzt wurde.

Je kleiner und einfacher gestaltet die Formen sind, desto größer ist allerdings die Schwierigkeit, unserer logischen Forderung zu genügen, desto mehr Aufmerksamkeit gehört dazu. Bei kleinen, aus getrennten, wenig characteristisch gestalteten Zellen bestehenden Formen, wie manche niedere Pilze und die Bacterien sind, muss man schon sehr aufpassen, ob die Aussaat Anfänge einer Species enthält oder mehrere gemengt. Letzteres ist erfahrungsgemäß sehr oft der Fall. An den Orten, von denen das Untersuchungsmaterial genommen wird, kommen oft verschiedene Arten bei und durcheinander vor; während der Untersuchung können in das Material nicht gewollte Formen mit Staubtheilchen hineingelangen, und wenn auch reifes und scheinbar ganz reines Material vorliegt, so kann doch eine kleine Menge — sagen wir wieder mikroskopischen Unkrauts — beigemengt sein.

Wächst nun Alles in gleichem Schritt, so lassen sich die Dinge noch relativ leicht auseinanderhalten, das Gemenge wird offenkundig. Es kann aber auch anderes eintreten, und tritt erfahrungsgemäß oft ein. Die eine Art wächst, unter den gegebenen Bedingungen, gut, die andere schlecht oder gar nicht; die geförderte erhält die Oberhand

über die minder begünstigte und verdrängt sie, bis zur völligen Vernichtung. Sieht man dann nach, so ist eventuell Unkraut anstatt des Weizens aufgegangen. Das kann sehr schnell geschehen. Wir werden später sehen, dass z.B. manche Bacterien unter günstigen Bedingungen binnen weniger als einer Stunde ihre Zellenzahl verdoppeln. Solche, welche sich in ungünstigen Verhältnissen befinden, kann man, bei anhaltender Beobachtung des einzelnen Exemplars, in wenig Stunden völlig schwinden, aufgelöst werden sehen. Haben sich derartige Erscheinungen combinirt, so hat sich binnen kurzem ein etwaiges Gemenge total verändert.

Es ist klar, dass solche Schwierigkeiten unser Postulat nicht aufheben, sondern im Gegentheil verschärfen. Die radicalen Speciesleugner, Billroth und Nägeli an der Spitze, haben nun in der That eine directe Beobachtung der Entwickelungs-Continuität nirgends unternommen, ihre Species-Negation entbehrt daher der Berechtigung. Billroth hat die Formen genau angesehen und verglichen, Veränderungen eines Präparats oder einer Cultur aber nie ununterbrochen, sondern immer nach so langer Zeit controlirt, dass während des Unterbrochenseins der Beobachtung mancherlei passirt sein konnte. Nägeli hat sich, soweit aus seinen Publicationen zu entnehmen ist, die Formen überhaupt nicht näher angesehen, er gründet seine Schlüsse, auch morphologische, auf nicht morphologische Beobachtungen über Zersetzungserscheinungen im Großen. Ein Beispiel für das Verfahren mag hervorgehoben werden. Nägeli bemerkt, dass ungekochte Milch beim Stehen sauer wird, gekochte aber bitter (9). Die Säuerung ist ihm als Wirkung eines Bacteriums bekannt. Das Bittermachen ist ihm die, in Folge des Kochens veränderte Wirkung desselben Bacteriums — eine »Umwandelung der bestimmten Hefenatur eines Pilzes in eine andere«. Hierbei ist vorausgesetzt, dass in der rohen Milch eine Bacteriumspecies enthalten ist; ob nicht vielleicht mehrere, von denen die einen etwa vor, die anderen nach dem Kochen die Oberhand erhalten, und ob nicht hieraus die differenten Veränderungen der Milch sich erklären, wird nicht gefragt. Aus den neueren Untersuchungen von Hueppe aber geht hervor, dass ein solches Verhältniss wirklich stattfindet (10). Von den mancherlei Bacterienformen, welche in der rohen Milch vorhanden sind, hat zunächst, bei niederer Temperatur, der Micrococcus lacticus die Oberhand und säuert die Milch durch Milchsäurebildung. Durch Kochen wird er getödtet; die Sporen des Buttersäure-Bacillus, B. amylobacter, welche in der Milch ebenfalls vorkommen, bleiben lebend. B. amylobacter aber ruft in ge-

kochter Milch Zersetzungen hervor, bei welchen ein bitterer Geschmack auftritt.

Ein anderes hierher gehöriges Beispiel ist die aus Nägeli's Laboratorium stammende Behauptung von der Identität des Heu-Bacillus, B. subtilis, mit dem Bacillus des Milzbrands, B. Anthracis. Beide Arten sind einander sehr ähnlich, und in Buchner's Beobachtungen stecken jedenfalls auch einige richtige Thatsachen, die in der XII. Vorlesung Besprechung finden werden. Das auffallendste Merkmal des B. subtilis ist aber seine oben beschriebene Sporenkeimung, das Hervorwachsen der Keimzelle aus der Querspalte der Sporenmembran rechtwinklig zur Sporenlängsachse. Der Milzbrand-Bacillus zeigt diese Erscheinung nicht, wie Buchner selbst beschreibt. Auf diese Differenzen ist aber nirgends gehörig Rücksicht genommen, sodass es zweifelhaft bleibt, ob Buchner überhaupt B. subtilis untersucht hat. Die morphologische Behauptung entbehrt also auch hier ihrer sicheren Begründung und Berechtigung.

Die steigende Aufmerksamkeit der Beobachter auf den Gegenstand hat nun die angedeuteten Irrungen successive, vom Weizen über mancherlei größere niedere Gewächse hinab bis zu den Bacterien beseitigt und im Allgemeinen zu der vorhin erläuterten Ansicht geführt, dass es sich mit den Speciesfragen in den verschieden hohen Regionen der Organismen wesentlich gleich verhält. Im Einzelnen bleibt für die Bacterien noch viel zu thun, wir stehen mit diesen Dingen erst in den Anfängen.

Die gesteigerte Aufmerksamkeit, sagte ich, führt zu dem Resultat. Ich möchte damit nochmals hervorheben, worauf es in erster Linie ankam und ankommt. Naturgemäß ergab sich dann, dass die Hülfsmittel der Untersuchung, Apparate, Handgriffe, Reagentien u. s. w. verbessert wurden. Für die Fragen, welche uns hier beschäftigen, galt es, kleine Organismen isolirt und andauernd zu beobachten, d. h. zu sehen, was aus dem einzelnen Individuum wird, wenn es wächst. Mikroskopisch genau controlirbare Culturen führen allein zu diesem Ziele. Man muss eine Spore, ein Stäbchen im mikroskopischen Präparat dauernd fixiren und in ihren Wachsthumserscheinungen dauernd verfolgen. Das geschieht mit Hülfe der »feuchten Kammern«, Apparate, in denen das mikroskopische Object, vor Austrocknung geschützt, in günstigen Vegetationsbedingungen dauernd beobachtet werden kann. Der Apparate dieser Art gibt es mancherlei, die nach dem Einzelfall und auch nach der Gewöhnung des Beobachters ihre Vorzüge und Nachtheile haben und hier nicht ausführlich beschrieben werden sollen.

Als Medium, in welches Objecte zu mikroskopischer Beobachtung und zur Cultur eingelegt werden, dienen gewöhnlich Flüssigkeiten, der Durchsichtigkeit halber. Lebende und besonders bewegliche Gegenstände können sich in diesen leicht verschieben und vermengen. Ein für die Fixation bei Continuitätsbeobachtungen sehr förderndes Verfahren besteht daher in der Anwendung eines durchsichtigen Mediums, welches die Herstellung der Vegetationsbedingungen gestattet, aber nicht flüssig ist, sodass die Verschiebung der Objecte unterbleibt oder erschwert wird. Solche Medien sind Gelatine und ähnliche Substanzen. Gelatine ist, soweit ich unterrichtet bin, zuerst von Vittadini 1852 bei Cultur mikroskopischer Pilze angewendet worden (11), später vielfach, zumal von Brefeld. Für die Cultur von Bacterien speciell empfiehlt sie Klebs 1873 (12); neuerdings sind die Culturen in gelatinösem Substrat besonders durch Koch in Aufnahme gebracht worden. —

Nachdem wir über Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Bacterien einen Ueberblick gewonnen haben, stellt sich noch die Frage, welches ihre Stellung in den organischen Reichen, ihre natürlichen Verwandtschaftsbeziehungen zu anderen Organismen sind. Die Frage hat für uns hier allerdings nur ein nebensächliches Interesse und soll daher nur ganz kurz berührt werden.

Vergleicht man, wie für die Beantwortung geschehen muss, Bau und Entwickelung mit denen anderer bekannter Wesen, so stimmen die arthrosporen Bacterien in allen bekannten wesentlichen Erscheinungen vollständig überein mit Angehörigen der im Pflanzenreiche stehenden Gruppe der Nostocaceen (im weiteren Sinne dieses Wortes). Nur sind diese Nostocaceen mit Chlorophyll, nebst einem anderen, blauen bis violetten Farbstoff versehen und dadurch von den chlorophyllfreien Bacterien unterschieden. Im übrigen kann man die Arthrosporen geradezu chlorophyllfreie Nostocaceen nennen. Bau, Wachsthum, eventuell Zoogloeabildung, mehr oder minder andauernde, zumal bei den zu den Nostocaceen gehörenden Oscillarien sehr ausgebildete Beweglichkeit, stimmen in beiden Gruppen überein, so dass zwischen beiden, außer dem Chlorophyllmangel, kein größerer Unterschied besteht, wie zwischen den einzelnen Species innerhalb einer der Gruppen. Zur Erläuterung sei auf den S. 18 beschriebenen Leuconostoc hingewiesen. Der Name deutet an, dass sich dieses Gewächs in allem durchaus ähnlich verhält, wie die blaugrünen, Wasser und feuchte Erde bewohnenden Arten der Gattung Nostoc, nur dass es farblos, weiß ist. Hinzugefügt mag hier nur noch werden, dass die meisten Nostocaceen in ihren Zellen und

deren Verbänden beträchtlich stattlichere Dimensionen erreichen, als die Bacterien, und dass an die bacterienähnlichen Angehörigen der Gruppe sich andere von reicherer, höherer Gliederung und Gestaltung anschließen.

Diejenigen Bacterien, welche wir als endospore unterschieden haben, sind bis auf ihre eigenthümliche Sporenbildung den arthrosporen durchaus ähnlich und keinen anderen bekannten Organismen ähnlicher. Wir müssen sie daher an die anderen zunächst anschließen, wenigstens zur Zeit, nach den vorliegenden Kenntnissen. Die Gesammtheit der Bacterien hat man dann mit den Nostocaceen als Gruppe zusammengefasst und diese Spaltpflanzen, Schizophyten genannt. Spaltalgen sind dann die chlorophyllführenden Nostocaceen, Spaltpilze die chlorophyllfreien.

Die ganze Gruppe der Schizophyten steht im Gesammtsystem ziemlich isolirt, näherer Anschluss an andere Gruppen lässt sich zur Zeit nicht finden, wenn auch außer Zweifel steht, dass die meisten, zumal Nostocaceen, alle Eigenschaften einfacher Pflanzen haben. Mit den Pilzen im Sinne der classificirenden Naturbeschreibung haben sie gerade sehr geringe nähere Uebereinstimmung, wie schon eingangs gesagt worden ist. — Wir können daher nur sagen, die Bacterien sind, nebst den übrigen Schizophyten, eine Gruppe einfacher, niederer Pflanzen.

Die alten Beobachter stellten sie zu den Thieren, den Infusionsthierchen; wesentlich wohl auf Grund der Beweglichkeit und weil den Alten die Grundlagen für genauere Vergleichung mangelten. Heutzutage ist jedenfalls kein Grund zu ihrer Abtrennung von dem Pflanzenreiche vorhanden. Im Uebrigen ist es lediglich Sache der Convention, wo und wie man bei diesen einfachen Organismen die Grenze zwischen Pflanzen- und Thierreich zieht. —

V.

Herkunft und Verbreitung der Bacterien.

Die Betrachtung der Lebenseinrichtungen der Bacterien beginnen wir mit der Orientirung darüber, wie und woher dieselben an die Orte kommen, wo wir sie finden.

Halten wir uns an das allgemeine Resultat der vorstehenden Betrachtungen, dass die Bacterien Gewächse sind wie andere, so dür-

fen wir von vorn herein annehmen, dass ihre Herkunft dieselbe ist wie die anderer Gewächse, d. h. dass jeweils vorhandene Bacterien erwachsen sind aus Anfängen, welche von Individuen der gleichen Species abstammen; und die Erfahrung zeigt, dass es sich wirklich so verhält. Die Anfänge können Sporen oder irgend welche andere lebensfähige Zellen sein. Wir wollen sie allgemein Keime nennen.

Keime von Lebewesen, zumal Pflanzen, sind ungemein zahlreich. Man kann sagen, sie bedecken die Erdoberfläche und den Grund der Gewässer in endlos reichem Gemenge. Die Zahl der im ausgebildeten Zustand beobachteten Pflanzen gibt über dieses Verhältniss nur eine sehr unvollkommene, oder gar keine Anschauung, weil immer eine bei weitem größere Anzahl von Keimen von einer Pflanze erzeugt wird, als auf dem thatsächlich doch immer beschränkten Raume zur Ausbildung kommen kann. Für die Erzeugung und die Verbreitung von Keimen sind die Organismen im Allgemeinen, caeteris paribus, um so mehr im Vortheil, je kleiner sie sind, denn sie finden in diesem Verhältniss um so leichter Raum und die hinreichende Menge Nährstoff für ihre Entwickelung und die Production neuer Keime; und die mechanischen Verhältnisse für den Transport dieser von Ort zu Ort werden mit der Abnahme von Volum und Masse günstiger. Aus diesen Gründen ist die Zahl und Ausbreitung der Keime niederer mikroskopischer Organismen und speciell Pflanzen für den Unvorbereiteten eine ganz erstaunlich große. Lässt man ein Glas Brunnenwasser stehen, so wird es nach einiger Zeit grün, von der Entwickelung kleiner Algen, deren Keime in dem Wasser schon enthalten waren oder mit Staub zugeflogen sind. Stellt man ein Stückchen feuchtes Brot hin, so zeigt sich bald eine Schimmelvegetation, wiederum aus Keimen der Schimmelpilze entstanden. Ich habe vor einiger Zeit, aus anderer Veranlassung, eine Untersuchung gemacht über Saprolegnieen, eine aus etwa 2 Dutzend bekannter Species bestehende Gruppe ziemlich großer Pilze, welche sich im Wasser auf todten Thierkörpern entwickeln, und es hat sich dabei herausgestellt, dass fast in jeder Handvoll Schlamm aus dem Grunde beliebiger Gewässer, von der Tiefebene bis zur Gebirgshöhe von 2000 Metern, Keime von einer oder mehreren Species dieser einzelnen Gruppe stecken. Das wirkliche Vorhandensein der Keime lässt sich in allen diesen Fällen nachweisen durch mikroskopische und experimentelle Untersuchung, auf deren Gang wir nachher zurückkommen.

Wie nach diesen Daten wiederum zu erwarten ist, gibt es auch unter den mikroskopischen Gewächsen seltene und gemeine, solche

mit engem und mit größtem Verbreitungsbezirk. Es muss ja hier im Princip dasselbe gelten, wie bei den höheren, größeren Organismen; klimatische und andere äußere Ursachen müssen ähnlich auf die Verbreitung einwirken, wenn sie auch, aus dem oben angegebenen Grunde, minder allgemein scharf einschneiden, wie bei den anspruchsvolleren großen. Um hier viele Detailangaben beizubringen, sind die Untersuchungen nicht ausgedehnt genug. Allein wir wissen doch z. B., dass ein kleiner, dem bloßen Auge kaum sichtbarer Pilz, Laboulbenia Muscae, der auf der Körperoberfläche lebender Stubenfliegen vegetirt, in Wien, und wie es scheint, in Südosteuropa häufig ist, und bei uns, in Mittel- und Westeuropa, nicht vorkommt; wenigstens ist er bei aufmerksamem Suchen bis jetzt nicht gefunden worden. Beispiele des umgekehrten Falles sind zahlreicher bekannt. Unsere gemeinen Schimmelspecies, wie Penicillium glaucum, Eurotium, kommen über alle Welttheile und Klimate verbreitet vor; und für andere kleine Pilze, Algen u. s. w. gilt ähnliches.

Was nun die Bacterien betrifft, so stellen sie auch hier lediglich Specialfälle dar von der in Vorstehendem für kleine Organismen allgemein resumirten Erscheinungsreihe. Wir kennen, wie aus den früheren Abschnitten hervorgeht, die Einzelspecies noch zu wenig vollständig, um über eine größere Zahl derselben präcise Angaben machen zu können. Man weiß jedoch, dass es manche relativ selten vorkommende Species gibt, wie z. B. das Blutwunder Micrococcus prodigiosus, Bacillus Megaterium; dass andere, wie B. subtilis, Amylobacter, Micrococcus Ureae, fast überall vorkommen, wo sie ihre sehr verbreiteten Vegetationsbedingungen finden. Andere hierher zu ziehende Beispiele werden wir bei späteren speciellen Betrachtungen kennen lernen. Und wenn man von einer überall genauen Bestimmung der Species absieht, kann man nach den directen Beobachtungen jedenfalls mit aller Sicherheit aussagen, dass die entwickelungsfähigen Keime von Bacterien in Boden, Luft, Staub, Gewässern so reichlich verbreitet sind, dass sich ihr Auftreten an allen Orten, wo sie ihre Wachsthumsbedingungen finden, mehr als zur Genüge erklärt.

Das Verfahren, um dieses nachzuweisen und um zugleich die Anzahl der Keime in einem bestimmten Raume annähernd zu bestimmen, ist selbstverständlich das gleiche für die Keime von Bacterien wie von anderen niederen Organismen, Pilzen u. s. w.; beide kommen nothwendiger Weise, wenn vorhanden, gleichzeitig zur Beobachtung. Es besteht erstens in der mikroskopischen Untersuchung, ohne weiteres. Bei dieser stößt man aber auf erhebliche Schwierigkeiten. Einmal sind

die Keime nicht an jedem kleinsten Orte vorhanden, man muss sie aufsuchen und das ist immer, und ganz besonders für den Fall der beabsichtigten Zählung, äußerst mühsam. Es lassen sich zwar allerlei Kunstgriffe zur Erleichterung anwenden. Zur Auffindung von Keimen in der Luft benutzte Pasteur (13) z. B. die ingeniöse Einrichtung, dass er mit Hülfe eines Saugapparats, eines Aspirators, Luft durch eine Röhre sog, in welcher ein dichter Pfropf von Schießbaumwolle steckte. Der Pfropf lässt die Luft durch, die in dieser suspendirten festen Theile, also auch Keime, bleiben dagegen an oder in ihm haften. Die Menge Luft, welche den Apparat binnen einer gegebenen Frist passirt, lässt sich leicht bestimmen. Die Schießbaumwolle ist in Aether löslich. Macht man von dieser Eigenschaft Anwendung, so kann man die in dem Pfropf sitzen gebliebenen Keime, in klarer Lösung suspendirt, auf engem Raume beisammen zur Untersuchung und eventuellen Zählung erhalten.

Bei diesem Verfahren werden aber die Keime durch den Aether leicht getödtet; und auch bei der einfachen mikroskopischen Untersuchung kann man nicht mit Sicherheit erkennen, ob man es mit todten oder mit lebenden zu thun hat. Auf letztere, auf die Entscheidung, ob entwickelungsfähige Keime da sind oder nicht, kommt es aber doch in erster Linie an. Dieselbe würde weitere, sehr umständliche Proceduren erfordern.

Es sind daher mancherlei andere Verfahrungsweisen versucht worden, um die Untersuchung nach beiderlei Richtungen leichter und sicherer zu machen. Das Ei des Columbus hat schließlich Koch gefunden. Ausgehend von der Erfahrung, dass Gelatine mit den nöthigen, leicht auszuführenden Beimengungen von anderweiten gelösten Nährstoffen ein sehr günstiger Boden ist für die Entwicklung der meisten (nicht streng parasitischen) Pilze sowohl wie Bacterien, mengt er eventuell genau zu bestimmende Mengen der zu untersuchenden Gegenstände, wie Erde, Flüssigkeiten u. s. w., mit geeignet präparirter, bei etwa 30° flüssiger Gelatine und lässt dieselbe dann bei niedrigerer Temperatur erstarren. Schon bei einigen 20°, wo die Vegetation der fraglichen Organismen zumeist noch lebhaft vor sich geht, geschieht letzteres. In der erstarrten Masse ist jeder Keim fixirt, und entwickelt sich, seine Entwickelungsproducte aber sind, anfangs wenigstens, auch fixirt, nicht beliebig in dem Medium verschiebbar. Breitet man beim Beginn der Untersuchung die durchsichtige Gelatine in dünner Schicht auf Glasplatten aus, so kann man Keime und ihre Entwickelungsproducte mit dem Mikroskop sicher auffinden und nach

Bedarf zählen. Handelt es sich um Untersuchung der Luft, so lässt man diese am besten mittelst eines Aspirators langsam durch Glasröhren saugen, welche innen mit einer Gelatineschicht ausgekleidet sind. Von den der Luft beigemengten Keimen sinkt, bei gehöriger Regelung des Stromes, mindestens der größte Theil nieder und bleibt an der Gelatine haften, um sich dann eventuell weiter zu entwickeln. Sind solche Versuche richtig und mit Vermeidung von störenden Verunreinigungen in Gang gesetzt, so erhält man nach einigen Tagen in der Gelatine discrete Gruppen von Bacterien, Pilzen u. s. w. Jede Gruppe verdankt ihre Entstehung einem, bei Anfang des Versuchs an ihren Ort gelangten Keime, was oft mit Leichtigkeit direct ersichtlich ist; oder wohl auch einmal einem Aggregat von Keimen. Es ist klar, dass auf dem angedeuteten Wege der in Rede stehende Zweck mit möglichster Genauigkeit und Einfachheit erreichbar ist. Das Resultat bleibt allerdings immer nur ein annähernd genaues, da das Verfahren principiell keine Sicherheit dafür gibt, dass alle überhaupt entwickelungsfähigen Keime, welche in die Gelatine des Apparats gelangt sind, sich in dem gegebenen Falle auch wirklich entwickeln, oder, bei der Luftsaugung, jedesmal wirklich alle ohne Ausnahme haften bleiben. Ein anderes Verfahren, welches diese Mängel nicht ebenso oder in noch höherem Maße, und ohne den Vorzug der Keimfixirung hätte, ist aber derzeit nicht ersonnen und auch kaum als ausführbar vorzustellen. Es mag hier noch hinzugefügt werden, dass das Koch'sche Gelatineverfahren noch den weiteren Vortheil hat, überhaupt das Sortiren, die Auswahl von Bacterien zur isolirten Cultur relativ leicht zu machen. Jede der in den beschriebenen Versuchen aus einem Keime entstandenen Gruppen muss eine Species rein enthalten. Um letztere für Reinzucht in größerer Quantität zu erhalten, braucht man nur eine Probe, mit der Nadel, aus der Gruppe zu entnehmen. Um Bacteriengemenge zu sortiren, hat man nur kleine Quantitäten derselben in viel Gelatine zu vertheilen, so dass wachsthumsfähige Keime isolirt werden. Die aus diesen erwachsenden Gruppen liefern dann wiederum reines Speciesmaterial. Zahlreiche andere Versuche sind in der gleichen Richtung angestellt worden, nach denselben Principien, aber mit minder vollkommenen Einrichtungen und »Methoden«. Eine ausführliche Beschreibung dieser mag daher hier unterbleiben. Die ausgedehntesten, zumal über die Verbreitung der Keime in Luft und Wasser sind in dem Meteorologischen Observatorium zu Montsouris bei Paris von Miquel angestellt und werden alljährlich fortgesetzt. (15)

Sie haben das oben vorangestellte allgemeine Resultat ergeben;

und das ferner a priori zu erwartende, dass die Menge der entwickelungsfähigen Keime nach Ort, Jahreszeit, Witterung u. s. w. caeteris paribus wechselt. Um eine Vorstellung zu geben von dem annähernden Zahlenverhältniss, sei angeführt, dass die Menge der (auf Glasplatten in einer Glycerin-Traubenzuckermischung im Aspirator aufgefangenen) Keime in der *Luft* entwickelungsfähige und eventuell todte Pilze und Bacterien zusammengenommen, in dem Garten von Montsouris, in einer Untersuchungsreihe schwankte zwischen 0,7—3,9 (im December) bis 43,3 (im Juli) per Liter Luft.

Die genauesten Luftbestimmungen sind neuerdings von Hesse nach dem Gelatine-Aspiratorverfahren ausgeführt worden. Sie haben z. B. ergeben pr. *Liter Luft*, *entwickelungsfähige* Keime:

Krankensaal 1. mit 17 Betten:	Bacterien 2,40;	—	Schimmelpilze 0,4.
„ 2. „ 18 „	„ 11,0;	—	„ 1,0.
Versuchsthierstall d. Reichsgesundheitsamts: a)	„ 58;	—	„ 3,0.
b)	„ 232;	—	„ 28,0.

Luft im Freien in Berlin 0,1 bis 0,5 Keime per Liter, wovon ohngefähr die Hälfte Pilze, die Hälfte Bacterien.

Für *Gewässer* gibt Miquel an: In aufgefangenem Regenwasser 35, Flusswasser aus der Vanne 62; aus der Seine oberhalb Paris 1400, unterhalb Paris 3200 pr. Cubik-Centimeter.

Für den Boden fehlen numerische Bestimmungen. Man kann aber aus jeder kleinen Prise oberflächlich entnommener Erde, in Gelatine vertheilt, ein Pilz- und Bacteriengärtchen erziehen. In den tieferen Bodenschichten nimmt die Menge der entwickelungsfähigen Keime nach einigen im Winter angestellten vorläufigen Untersuchungen Koch's (14) rasch ab.

Ein besonderes Interesse hat die Frage nach dem Vorhandensein von Keimen in und auf lebenden gesunden Organismen. Dass sie auf der Oberfläche solcher reichlich hängen bleiben müssen, ist nach dem Bisherigen selbstverständlich und wird durch jede Untersuchung erwiesen. Ins Innere von höheren Pflanzen können sie gelangen durch die offenen Spalten der Oberhaut, die Spaltöffnungen, welche in das System der intercellulären Gänge führt. Dass das wirklich stattfindet, ist wahrscheinlich, jedoch noch nicht sicher und bedarf noch der Untersuchung. Im Innern gesunder Thiere, speciell der Warmblüter, sind die Wege der Respiration und der Verdauung ein stets zugänglicher Ort für das Eindringen von Keimen mit Luft, Speise und Getränk, und sind diese Orte, zumal Mund und Darm, bei Menschen sowohl wie bei

anderen Warmblütern, thatsächlich immer auch ein reicher Garten vegetirender Bacterien. Auch in die Drüsen, welche mit besagten Orten in Communication stehen, können sie durch deren Ausführungsgänge gelangen. Bezüglich des Vorkommens im Blute lebender gesunder Warmblüter lauten die Resultate ungleich. Hensen, Billroth u. A. behaupten das Vorhandensein. Sehr sorgfältige Versuche von Pasteur, Meissner (13), Koch, Zahn u. A. ergaben negatives Resultat. Diesem gegenüber kann das positive in Störungen und Fehlern des Versuchs seinen Grund haben. Es ist das aber nicht nothwendig, denn aus einer Versuchsreihe von Klebs (12) ergibt sich unzweideutig, dass und warum beiderlei Verhalten vorkommen kann. Klebs untersuchte nämlich das Blut von Hunden und zwar einestheils mit ebenfalls negativem Erfolg. Ein Hund aber ergab positiven; und zwar waren diesem Thiere früher, bei anderen Experimenten, fäulnisserregende Bacterien ins Blut injicirt worden, es war davon erkrankt, aber zur Zeit der in Rede stehenden Untersuchung längst wieder genesen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass in diesem Falle von dem ersten Versuche her entwickelungsfähige, thatsächlich aber ruhende Keime im Blute des Thieres zurückgeblieben waren, und hieraus ist allgemein zu schließen, dass Bacterienkeime in gesundem Blute vorhanden sein können, wenn sie einmal durch Verwundung oder sonst wie hineingelangt waren.

Das Vorstehende zeigt also die große Verbreitung und Häufigkeit von Bacterienkeimen überhaupt, wenn auch zur Zeit noch ohne scharfe Sonderung der Species. Es zeigt auch auf der anderen Seite, dass es eine Uebertreibung wäre, anzunehmen, diese Körper seien überall, d. h. in jedem kleinsten Raum. Schon Pasteur's ältere berühmte Versuche zeigen an extremen Beispielen die Ungleichheit der Vertheilung. Zur Veranschaulichung mag von diesen noch kurz folgendes angegeben werden. Enghalsige Kölbchen von 1—200 ccm Inhalt wurden mit einer kleinen Quantität für Entwickelung niederer Organismen sehr günstiger keimfreier Nährflüssigkeit beschickt, dann luftleer gemacht und die enge Halsöffnung zugeschmolzen. Später wurde der zugeschmolzene Hals (durch vorsichtiges Abbrechen des Endes) wieder geöffnet: es strömt dann rasch Luft ein und sobald das geschehen, wird wiederum zugeschmolzen. Eine limitirte Luftmenge ist jetzt in dem Kolben hermetisch abgeschlossen. Die Keime, welche sie etwa führt, können sich in der Nährflüssigkeit entwickeln; diese bleibt, wie wir kurz sagen wollen, unverändert, wenn keine Keime da sind. Von 10 solchen Kolben, welche im Hofe der Pariser Sternwarte mit Luft gefüllt wurden, blieb nun keiner unverändert; von 10 im fast staubfreien Keller der Stern-

warte gefüllten 9; von 20 auf dem Montanvert bei Chamonix gefüllten 19, u. s. w.

Die dargelegten Anschauungen über die Herkunft der Bacterien und insbesondere der fundamentale Satz ihres ausnahmslosen Entstehens aus von der gleichnamigen Species erzeugten Keimen, sind nicht ohne Mühe und ohne Widerspruch erworben worden, und auch heute fehlt letzterer nicht ganz. Wir müssen denselben wenigstens kurz betrachten. Er lautet in kurzer Zusammenfassung: die Bacterien können jederzeit entstehen aus Theilen anderer Organismen, lebenden oder todten. Dass sie sich nachher in eigenem Wachsthum vermehren und auch ihre eigenen Keime bilden können, wird allerdings wohl zugestanden.

Dieser Satz ist ein übrig gebliebener Paragraph aus der alten Lehre von der elternlosen oder Urzeugung, Generatio spontanea, aequivoca. Man sieht oft Pflanzen oder Thiere in Menge erscheinen an Orten, wo dergleichen vorher nicht gesehen worden waren, und der oberflächliche Betrachter wird in solchen Fällen auf die Annahme geführt, jene entständen aus den vor ihrem Erscheinen an dem Orte vorhandenen anderen Körpern, mögen diese heißen wie sie wollen, und nicht aus Keimen, welche von gleichartigen Eltern herstammen. Im Alterthum waren solche Anschauungen selbstverständlich. Vergil's Erzählung (16) von der Erzeugung eines Bienenschwarms aus dem vergrabenen Gedärm eines Stiers liefert eine anschauliche Illustration dafür und für die ganze Fülle von mangelhafter Beobachtung und Induction, welche hier im Spiele sind. In dem Maße als schärfere Naturbeobachtung eintrat, zeigte sich von Fall zu Fall, dass jedesmal doch Keime von gleichartigen Eltern die Anfänge des betreffenden Auftretens waren und dass man nur übersehen hatte, wie diese Keime an den Ort der Beobachtung gelangt waren. Die elternlose Zeugung wurde Schritt für Schritt ad absurdum gedrängt. Das begann mit großen und groben Objecten, wie den Maden der Fliegen, die im Aas — nicht entstehen, sondern aus eingelegten Fliegeneiern erwachsen. Und in dem Maße als die Anhänger der alten Lehre auf kleinere Objecte, Schimmel, niederste Thiere u. s. w. sich zurückziehen mussten, wurde die Widerlegung auch auf diesen Gebieten mit gleichem Erfolg Schritt für Schritt durchgeführt. Mikroskop und vervollkommnete Experimentalmethoden schärften successive die Waffen. So stehen wir vor der Thatsache, dass die Anhänger elternloser Zeugung, wenigstens seit einem Jahrhundert, die Stützen ihrer Lehre immer in den kleinsten und zur Zeit schwierigst zugänglichen Objecten suchen. Ganz aufgegeben ist die Ansicht nie

worden, aus zwei guten Gründen. Erstens dem, dass eine Meinung, einmal ausgesprochen oder gar gedruckt, nie ganz alle wird, sie mag sonst sein wie sie wolle; zweitens dem weit besseren, dass man ja annehmen muss, Organismen sind jedenfalls einmal ohne Keime, elternlos entstanden; die Möglichkeit, dass das jederzeit noch geschehen kann, muss zugegeben werden, und der Nachweis, dass, wo und wie das geschieht, wäre von wirklichem höchsten Interesse, des Strebens der Forscher wirklich werth.

Zu den kleinsten, noch am wenigsten zugänglichen und studirten Organismen gehören nun derzeit vorwiegend die Bacterien. Zwar ist auch für sie die Frage über thatsächliche elternlose Entstehung wesentlich in dem gleichen Sinne entschieden worden wie für die Anderen durch die schönen Versuche, welche Pasteur auf Anregung der Pariser Academie vor 25 Jahren angestellt hat, zu dem Zwecke, die besagte Lehre auch mit Bezug auf die kleinsten und schwerstzugänglichen Wesen zu prüfen; und jede saubere Untersuchung hat Pasteur's Arbeiten in dieser Richtung bestätigt. Nichtsdestoweniger wird an jener Lehre von Manchen festgehalten und nach neuen Argumenten gesucht. Eine weitgehende Theorie in dieser Richtung gibt Béchamp's seit 20 Jahren vorgetragene Lehre von den Mikrozymen. Kleine Formbestandtheile, wie sie als »Körnchen« in dem Protoplasma der Thiere und Pflanzen allgemein vorkommen und unzweifelhaft in diesen, als Theile derselben entstehen, werden mit diesem Worte benannt. Sie sollen sich, wenn sie aus irgend einem Grunde, zumal nach dem Tode ihres Erzeugers frei werden und in geeignete Medien gelangen, selbständig weiter entwickeln, theils zu Bacterien, theils auch zu kleinen Sprosspilzformen. Sie überleben ihre Erzeuger nicht nur, sondern erfreuen sich einer sehr großen, über geologische Perioden sich erstreckenden Dauerhaftigkeit. Jede aufmerksame Prüfung der Darstellungen, welche Béchamp selbst in einem fast 1000 Seiten starken Buche gibt, zeigt weder scharfe Formunterscheidung, noch eine Spur von scharfer Verfolgung der Entwickelungscontinuität, und auf diese käme es doch in erster Linie an. Die Sache entbehrt also der sicheren Grundlage und kann nicht mehr zur Discussion kommen.

In neuester Zeit hat A. Wigand (18) eine vorläufige Mittheilung veröffentlicht, in welcher er, für die hier vorliegende Frage, zu ähnlichen Resultaten wie Béchamp gelangt. Theilchen lebender oder todter Organismen, welch letztere nicht Bacterien sind, sollen sich unter bestimmten Bedingungen abtrennen und zu Bacterien heranwachsen. Der Gang der Beobachtungen, aus welchen dieses gefolgert wird, ist in den

meisten Fällen nicht so genau angegeben, dass eine Kritik möglich wird. Doch wird eine Beobachtung erwähnt, welche eine Wiederholung und Prüfung zulässig und erwünscht macht. Wigand sagt nämlich, zur Beseitigung »jeden Zweifels an der spontanen Bacterienbildung im Protoplasma der Zellen«, dass schon in den lebenden gesunden Zellen des Blattes von Trianea bogotensis und der Haare von Labiaten bewegliche Bacterien sich befinden. Noch bevor ich zur Untersuchung der merkwürdigen Behauptung kam, wurde ich von anderer Seite auf den Sachverhalt aufmerksam gemacht. Trianea ist eine nach Art unseres Froschbisses (Hydrocharis) schwimmende südamerikanische Wasserpflanze. Bringt man aus dem frischen gesunden Blatte lebendes Gewebe unter das Mikroskop, so sieht man in der That in vielen Zellen die zierlichsten Bilder zur Illustration des Aussehens von Bacterien: Schmale Stäbchen, einzeln oder auch in kurzen Reihen aneinanderhängend, und den Bewegungen des Protoplasma und sonstigen Zellinhaltes lebhaft folgend. Ein vorzügliches Bild, wie gesagt, oder Modell. Ein Tropfen verdünnter Salzsäure zerstört aber die Illusion. Im Gegensatz zu wirklichen Bacterien löst er die Stäbchen der Trianea sofort auf: sie sind nichts weiter als kleine, auch in dieser Stäbchenform in Pflanzenzellen sehr oft vorkommende Krystalle von oxalsaurem Kalke. Dasselbe gilt für die weit weniger schönen Stäbchen in den jungen Haaren des Laubes von Galeobdolon luteum, Salvia glutinosa und wird sich auch bei anderen Labiaten — lippenblüthigen Pflanzen — nicht anders verhalten. Diese Geschichte ist lehrreich, weil sie zeigt, wie vorgefasste Meinung auch sonst treffliche und verständige Beobachter zu den tollsten Dingen verleiten kann. Ich würde sie sonst nicht erwähnt haben und glaube nach ihr auf Aehnliches nicht weiter eingehen zu sollen. Jedenfalls sind solche Dinge nicht geeignet, den Satz wankend zu machen, dass nach den thatsächlich vorliegenden Beobachtungen auch die kleinsten Organismen nicht anders entstehen, als aus den von gleichartigen Vorfahren abstammenden Keimen; und daran müssen wir festhalten, mag man sich auch als möglich denken und wünschen was man wolle.

VI.

Vegetationsprocesse. Aeussere Bedingungen: Temperatur und stoffliche Beschaffenheit der Umgebung. — Nutzanwendungen für Cultur, Desinfection, Antisepsis.

Wenn wir jetzt übergehen zur Betrachtung der Vegetationsprocesse, so müssen wir uns zuvörderst daran erinnern, dass nach der Uebereinstimmung des Baues und der Entwickelung der Bacterien mit anderen niederen Organismen auch eine Uebereinstimmung in den Haupterscheinungen und Hauptbedingungen des vegetativen Lebens stattfinden wird und muss. In der That handelt es sich hier lediglich um Specialfälle allgemein über die lebenden Organismen verbreiteter Erscheinungen; von den bei andersnamigen vorkommenden nicht mehr verschieden wie diese untereinander. Ganz besonders gilt für die chlorophyllfreien Bacterien, dass ihr Vegetationsprocess im Wesentlichen übereinstimmt mit jenem anderer chlorophyllfreier Pflanzenzellen, sowohl höheren Gewächsen angehöriger, als ganz besonders Pilzen. Gerade der Untersuchung letzterer, welche dem Studium leichter zugänglich sind, verdankt die Kenntniss der Bacterien viele Förderung. Es braucht kaum besonders hinzugefügt zu werden, dass auch innerhalb des Gebietes der Bacterien bezüglich der Vegetationserscheinungen und -Bedingungen von Fall zu Fall analoge Differenzen herrschen wie in den verwandten Gebieten.

Nach alledem handelt es sich hier nicht um eine vollständige Darstellung von allem, was auf den Vegetationsprocess Bezug hat; sondern vielmehr nur um Hervorhebung der für unseren Gegenstand bemerkenswerthesten Besonderheiten. Die Temperaturverhältnisse und die stoffliche Beschaffenheit der Umgebung sind in erster Linie zu berücksichtigen.

Jeder Vegetationsprocess ist abhängig von der Temperatur der umgebenden Medien. Er findet bei bestimmten extremen Wärmegraden seine Grenzen; innerhalb dieser bei einer bestimmten Temperatur seinen energischsten Fortgang. Man unterscheidet hiernach die Cardinalpunkte der Temperatur: Minimum, Maximum und Optimum.

Ueberschreitung der Grenzen führt zunächst zum Stillstand des jeweiligen Processes; andere Processe können eventuell fortdauern. Erreicht die Erhöhung oder Erniedrigung der Temperatur jenseits der Vegetations-Maxima und -Minima bestimmte extreme Grade, so wird

das Leben vernichtet, der Tödtungspunkt, mit anderen Worten, ist erreicht.

Nach allen diesen Beziehungen finden, wie sich Jeder aus der täglichen Erfahrung erinnern wird, überall erhebliche Verschiedenheiten statt nach Species, Entwickelungszustand und den Eigenschaften der Umgebung.

Für die Bacterien sind die Temperaturgrenzen des Wachsens und der Zellenvermehrung vorzugsweise untersucht; dass die übrigen vegetativen Processe, caeteris paribus, dem Wachsen proportional verlaufen, wird mit Grund angenommen.

Nicht parasitische Arten haben nach den vorliegenden Daten bei günstiger Ernährung ziemlich weiten Spielraum und hoch gelegenes Optimum der Wachsthumstemperatur. Für Bacillus subtilis z. B. liegt diese, nach Brefeld's Untersuchung (20) zwischen + 6° und + 50° C., das Optimum bei etwa 30°. — Bacterium Termo Cohn wächst zwischen 5 und 40°; Optimum 30—35° (Eidam) (21). Bacillus Amylobacter hat, nach Fitz (22) in Glycerinlösung das Optimum bei 40°, Maximum 45°. — Für den Bac. Anthracis liegt in Culturen in Gelatine, auf Kartoffeln etc. das Minimum des Wachsens bei 15°, das Maximum bei 43°, das Optimum bei 20—25°. Parasitisch, im Blute von Nagern, wächst derselbe bei etwa 40° jedenfalls nicht minder energisch als in genanntem Cultur-Optimum.

Dass Species, welche an parasitische Lebensweise in Warmblütern strenger angepasst sind, höher gelegenes Minimum und Optimum haben, ist von vornherein wahrscheinlich und durch Koch (61) für den Tuberkel-Bacillus nachgewiesen, dessen Grenztemperaturen bei 28° und 42° und dessen Optimum bei 37—38° gefunden sind.

Die optimale Temperatur für die Sporenbildung endosporer Bacillen liegt, soweit bestimmbar, dem Wachsthumsoptimum nahe. Die Temperaturen für die Keimung der endogenen Sporen, wenigstens das Optimum, liegen höher; z. B. bei 30—40° für Bac. subtilis, der übrigens auch schon bei der um 20° schwankenden Zimmertemperatur keimt. B. Anthracis keimt, soweit die Erfahrung reicht, bei 20° noch nicht; das Minimum wird für ihn auf 35—37° angegeben, das Optimum wird schwerlich viel höher liegen. Andere Arten, z. B. B. Megaterium, wachsen und keimen bei ca. 20° sehr gut.

Ueberschreitung der Vegetationstemperaturgrenzen zunächst nach unten wird jedenfalls von einer Anzahl Bacterien in so weitgehendem Maße ohne Zerstörung des Lebens ertragen, dass man mit Rücksicht auf die in Wirklichkeit vorkommenden Erscheinungen von unbegrenzt reden darf. Frisch (23) fand nämlich die Entwickelungs-

fähigkeit der von ihm untersuchten Formen, und zwar vegetativer Zellen, nicht beeinträchtigt, wenn sie bei —110° C. in Flüssigkeit eingefroren und nachher wieder aufgethaut waren. Zu den Formen, welche dieses Verhalten zeigen, gehört Bac. Anthracis; die übrigen waren nicht näher bestimmt. Dass für manche Species die untere Tödtungstemperatur höher liegt, ist von vornherein wahrscheinlich.

Die obere Tödtungstemperatur ist, soweit untersucht, für die vegetativen Zellen der meisten Formen ohngefähr die gleiche wie für die meisten anderen vegetirenden Pflanzenzellen, nämlich etwa 50—60°. Für die Sporen arthrosporer Formen wird ähnliches gelten, es fehlt jedoch hierüber an Untersuchungen. Ausnahmefälle werden nachher erwähnt werden. Extrem hohe Temperaturen werden dagegen von den endogenen Sporen der Bacillen ertragen. Die meisten bleiben keimfähig, wenn sie in Flüssigkeit auf 100° erhitzt werden; manche ertragen 105°, 110° bis 130°.

Das alles sind allgemeine Regeln, welche bestehen unbeschadet der von Fall zu Fall vorkommenden Modificationen und Ausnahmen. Solche finden statt theils nach Species und Individuen unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen, theils auch bei der gleichen Species nach den übrigen äußeren Bedingungen, von welch letzteren besonders zu bemerken sind Dauer der Erhitzung, Trockenheit oder Durchfeuchtung und in letzterem Falle die Qualität der umgebenden Flüssigkeit.

Es gibt erstlich Species, welche bei weit über 50° liegender Temperatur sich gut entwickeln. Cohn, Miquel führen dafür Beispiele an; das exquisiteste ist ein von Van Tieghem (24) beschriebener Bacillus, der, in neutraler Nährlösung, bei 74° wächst und Sporen bildet. Bei 77° steht das Wachsthum still.

Nach allen den angeführten Seiten lehrreiche Beispiele liefern die von Duclaux (25, 26) aus Käse erhaltenen und von ihm Tyrothrix genannten Bacillen. Die vegetirenden Zellen von T. tenuis, in neutraler Flüssigkeit cultivirt, wurden erst bei 90—95° getödtet; in schwach alkalischer Flüssigkeit ertragen sie über 100°; die reifen Sporen bleiben, in schwach alkalischer Flüssigkeit gekocht, bei 115° keimfähig. Die optimale Vegetationstemperatur dieser Species liegt bei 25—35°. — T. filiformis erträgt, im vegetativen Zustande, in Milch eine Erwärmung auf 100°, in saurer Flüssigkeit wird sie bei dieser Temperatur nach einer Minute getödtet. Die Sporen dieser Species ertragen in Milch 120°, in Gelatine werden sie unter 110° getödtet. Für noch andere Species berichtet Duclaux ähnliches. Auch die vegetativen Zellen von Bac. An-

thracis sollen nach Buchner (29, p. 229) in neutralen und schwach saueren Flüssigkeiten 1½ Stunden auf 75—80° erwärmt, infectionstüchtig bleiben. Brefeld (20) fand die Sporen von Bacillus subtilis in Nährlösung sämmtlich keimfähig nach viertelstündigem Erhitzen auf 100°; nach halbstündigem keimte noch der größere, nach einstündigem ein geringer Theil, nach dreistündigem keine mehr. Bei Erhitzung auf 105° wurden die Sporen nach 15, bei 107° nach 10, bei 110° nach 5 Minuten getödtet.

Fitz (22) fand für die Sporen seines Bacillus butylicus (= B. Amylobacter), dass sie je nach der Flüssigkeit, in welcher sie sich befinden, 3 bis 20 Minuten lang 100° ertragen. Bei länger dauernder Erwärmung genügten jedoch unter 100° liegende Temperaturen zur Tödtung, z. B. 80° bei 7—11stündiger Erwärmung in Glycerinlösung.

Trockene Hitze wird in noch höheren Graden, wenigstens von Sporen, überstanden; die von B. Anthracis, subtilis u. A. z. B. blieben in Koch's Versuchen (14, I, p. 305) in einem auf 123° erhitzten Raume entwickelungsfähig.

Von den Bedingungen der stofflichen Beschaffenheit der Umgebung ist zuerst die hier wie bei allen lebenden Zellen nothwendige Zufuhr von Wasser zu nennen. Wasserentziehung bis zu dem Grade des Lufttrockenwerdens sistirt nicht nur den Vegetationsprocess, sondern tödtet vegetative Zellen wenigstens in einer Reihe von Fällen binnen kurzer Zeit; die von Bacterium Termo Cohn, B. Zopfii z. B. in 7 Tagen. Doch kommen auch hier von Fall zu Fall Verschiedenheiten vor: Micrococcus prodigiosus z. B. bleibt im eingetrockneten Zustande Monate lang lebendig und wachsthumsfähig.

Die Resistenz der Sporen gegen Austrocknen ist größer als jene der vegetirenden Zellen. Die Arthrosporen von Bact. Zopfii ertragen dasselbe 17—26 Tage; die der endosporen Bacillen jedenfalls durchschnittlich ein Jahr lang; B. subtilis nach Brefeld mindestens drei Jahre. Grenzen und Modificationen nach anderen inneren und äußeren Ursachen werden auch hier bestehen; Jahrhunderte lange Lebensfähigkeit lufttrockener Zellen jedoch schwerlich vorkommen.

Der Bedarf von Sauerstoff ist nach den einzelnen Fällen ungleich. Nach Pasteur's Terminologie unterscheidet man zwei extreme Fälle als aërobiontische und anaërobiontische Formen. Die ersteren bedürfen zu ausgiebigem Vegetiren und Wachsen bei guter Nährstoffzufuhr auch reichlicher Zufuhr sauerstoffhaltiger Luft; z. B. Micrococcus aceti, Bacillus subtilis, auch B. Anthracis. Die Anaërobionten gedeihen bei guter Ernährung ohne Sauerstoff, freier Luftzutritt

setzt ihre Vegetation auf ein Minimum oder auf Null herab, z. B. Bacillus Amylobacter.

Intermediärerscheinungen zwischen den Extremen fehlen jedoch nicht, wie das nachher zu nennende exquisite Beispiel Engelmann's anschaulich zeigt. Und nach den Untersuchungen Nencki's, Nägeli's u. A. können gährungserregende Bacterien — gleich den Alkoholgährung erregenden Sprosspilzen — ohne Sauerstoff ausgiebig wachsen, wenn sie in einer geeigneten, für sie gährungsfähigen Flüssigkeit sind. Steht diesen Formen minder günstige Nährflüssigkeit zu Gebote, so wachsen sie nur unter Zutritt von Sauerstoff.

Auch für die Aërobionten kann Sauerstoff dann die Vegetation hemmen bis zur Tödtung, wenn er unter hohem Druck steht. Bac. Anthracis z. B. hielt sich in Sauerstoff unter 15 Atmosphären Druck 14 Tage lebend, war aber nach einigen Monaten todt. Duclaux urgirt, dass auch die den Wachsthumsbedingungen entzogenen Keime aërobiontischer Formen unter der dauernden Einwirkung des atmosphärischen Sauerstoffs schneller ihre Entwickelungsfähigkeit verlieren, als bei Aufbewahrung unter Sauerstoffabschluss. Die Thatsachen, auf welche diese Ansicht sich gründet, sind an sich bemerkenswerth. In einigen Glaskolben, welche von Pasteur's Versuchen aus dem Anfang der 60er Jahre herrührten und mit ihrem durch Bacterien zersetzten flüssigen Inhalt zugeschmolzen aufbewahrt worden waren, fanden sich nach 21 und 22 Jahren die Keime jener Bacterien noch gut entwickelungsfähig. Baumwollbäusche, welche dicht voll von allerlei Keimen saßen und während der gleichen Zeit, gegen Staub geschützt aber nicht unter Luftabschluss trocken aufbewahrt worden waren, enthielten keine Spur lebender Keime mehr. Einige solche Bäusche, welche nur 6 Jahre alt waren, enthielten noch entwickelungsfähige Keime. Duclaux' Interpretation dieser Facta mag richtig sein, doch bedarf dieselbe erst noch der Begründung, da es sich um Gegenstände handelt, bei denen doch auch noch vieles andere als die Sauerstoffzufuhr ungleich gewesen sein kann. Vor allem muss bei solchen Fragen nicht mit collectiven »Bacterien«, d. h. möglicherweise oder sicher unbestimmten Gemengen, sondern jedesmal mit einer bestimmten einzelnen Art experimentirt werden.

Der Sauerstoff wird, unter gleichzeitiger Kohlensäure-Ausscheidung, aufgenommen als Material für die Respiration, Athmung, oder specieller bezeichnet, die Sauerstoff-Athmung. Das Wasser dient, wenn man von gleich zu nennenden Ausnahmen absieht, als Träger und Vermittler der chemischen Processe des Stoffwechsels.

Beide Körper sind nicht eigentliche Nährstoffe, d. h. solche, aus welchen die organischen Kohlenstoffverbindungen gebildet werden, welche das Baumaterial für Wachsthum und Zellenbildung sind.

Was diese, also Baumaterial liefernden, Nährstoffe betrifft, so ist für die wenigen grünen Bacterien, wenn sie wirklich Chlorophyll führen, nach Analogie der übrigen chlorophyllführenden Vegetation anzunehmen, dass sie, unter Sauerstoffabscheidung, Kohlensäure als Nährstoff assimiliren. Engelmann's (27) Nachweis einer geringen Sauerstoffabscheidung bei seinem Bacterium chlorinum spricht für diese Annahme. Nach Analogie der übrigen chlorophyllführenden Gewächse würde dann auch die Verwendung von Wasser als Nährstoff für diese Formen wahrscheinlich sein.

Die chlorophyllfreien Bacterien, also die ganz überwiegende und uns hier fast ausschließlich interessirende Mehrzahl bedürfen, wie alle chlorophyllfreien Zellen und Organismen, zur Deckung ihres Kohlenstoffbedarfs bereits anderswo gebildeter organischer Kohlenstoffverbindungen, sie assimiliren Kohlensäure nicht. Das stickstoffhaltige Nährmaterial kann sowohl durch vorgebildete organische, als auch durch anorganische, Salpetersäure- oder besser Ammoniak-Verbindungen geliefert werden. Dazu kommt dann, wie bei den übrigen Gewächsen, ein bestimmter, für unsern Fall quantitativ und qualitativ bescheidener Bedarf von löslichen Aschenbestandtheilen.

Es kann hier nicht beabsichtigt werden, auf die Betrachtung des Nährstoffwerthes einzelner Verbindungen näher einzugehen; hierüber muss die Specialliteratur, zumal Nägeli (28, 29), nachgesehen werden. Für die Orientirung und Praxis genügt zu merken, dass nach Nägeli's Untersuchungen eine Anzahl Schimmel- und Sprosspilze sowohl als auch Bacterien ernährt werden in Lösungen, welche stickstofffreie und stickstoffhaltige Nährstoffe in folgenden Verbindungen resp. Combinationen enthalten — die einzelnen Lösungen nach ihrer Nährtüchtigkeit in absteigender Folge geordnet und beziffert:

1. Eiweiß (Pepton) und Zucker. 2. Leucin und Zucker. 3. Weinsaures Ammoniak oder Salmiak und Zucker. 4. Eiweiß (Pepton). 5. Leucin. 6. Weinsaures Ammoniak oder bernsteinsaures Ammoniak oder Asparagin. 7. Essigsaures Ammoniak.

Man darf aber hiernach nicht für sämmtliche einzelne Bacterienarten oder -Formen das Optimum der Nährstoffqualität bestimmen oder beurtheilen wollen. Obige Skala gilt auch nicht für alle Schimmelpilze, obgleich sie bei einem derselben, Penicillium glaucum, zuerst festgestellt wurde. Das Nährstoffbedürfniss einzelner, bestimmter

Bacterienspecies ist überhaupt noch wenig studirt, es bedarf sehr der genaueren Untersuchung. Eine Anzahl practischer Erfahrungen, welche unten bei den speciellen Beispielen zum Theil Erwähnung finden sollen, deutet übrigens schon jetzt auf eine große Mannigfaltigkeit der hier in Betracht kommenden thatsächlichen Verhältnisse hin.

Neben dem Gehalt an verwendbaren Nährstoffen sind noch andere chemische Eigenschaften des Substrats für den Vegetationsprocess der Bacterien von Wichtigkeit. Es ist eine alte Erfahrung, dass die meisten derselben — im Gegensatze zu dem umgekehrten Verhalten von Sprosspilzen und Schimmelpilzen — in neutral oder schwach alkalisch, höchstens schwach sauer reagirendem Medium caeteris paribus am besten gedeihen; stärker saure Reaction verlangsamt oder sistirt die Vegetation. Nach Brefeld (20) wird z. B. die Entwickelung von Bac. subtilis gehemmt, wenn man guter Nährlösung 0,05% Schwefelsäure oder Weinsäure, 0,2% Milch- oder Buttersäure zusetzt. Doch ist auch dieses nur eine Regel, welche ihre Ausnahmen hat; das Kefir-Bacterium vegetirt gut, und soweit die Erfahrung reicht, am besten in (von Milchsäure und selbst Essigsäure) stark saurer Milch; der Essig-Micrococcus ebenfalls in saurer Flüssigkeit.

Nicht minder können andere dem Nährboden beigemengte lösliche Körper Hemmung des Vegetationsprocesses bis zur Tödtung bewirken. Von solchen, welche auf lebende Zellen überhaupt als Gifte wirken, wie Quecksilbersublimat, Jod u. s. f. ist dieses, wenn sie in hinreichender Quantität vorhanden sind, selbstverständlich. Aber auch andere Körper können solche, wenigstens hemmende Giftwirkung ausüben. Fitz fand z. B. für seinen Butylalkohol-Bacillus, in Glycerinlösung, unter sonst optimalen Bedingungen, die Vegetation gehemmt durch Beimengung von 2,7—3,3 Gewichts-Procent Aethylalkohol, 0,9—1,05 % Butylalkohol, 0,1% Buttersäure. Insofern solche nachtheilig wirkende Verbindungen häufig durch den Vegetationsprocess der Bacterien selbst gebildet werden, kann dieser durch Anhäufung seiner eigenen Producte selbst sistirt werden. So z. B. bei der Milchsäuregährung der Zuckerarten durch Anhäufung von Milchsäure; wird diese gebunden, z. B. mittelst Zusatzes von Kreide oder Zinkweiß, so bleibt die Vegetation des gährungerregenden Bacteriums im Gange. Auch diese Erscheinungen finden sich mutatis mutandis bei Nichtbacterien, speciell Pilzen. Sie sind im Einzelnen von Species zu Species verschieden. Was die eine Species stört, kann andere fördern, mit der Veränderung der Zusammensetzung des Substrats daher die Verdrängung einer Species durch eine bisher in eventuell minimaler

Menge vorhandene andere eintreten. Die erste hat alsdann der anderen durch ihren Vegetationsprocess und seine Producte den Boden vorbereitet. Bei der Beurtheilung der Vorgänge im Großen ist das immer im Auge zu behalten. Achtet man darauf, so findet eine Menge auf den ersten Blick verwirrender Erscheinungen ihre Erklärung.

Die Einwirkung anderer als der genannten Agentien auf Bacterienvegetation soll und kann im allgemeinen nicht bestritten werden, ist aber nach den gegenwärtigen Kenntnissen von so untergeordneter Bedeutung, dass hier eine ganz kurze Erwähnung genügt. Die Abhängigkeit der Kohlensäure-Assimilation chlorophyllführender Formen von den Licht-Strahlen ist nach den Kenntnissen von der Chlorophyllfunction überhaupt selbstverständlich. Von anderen Lichtwirkungen liegen nur vor unbestimmte Angaben von Zopf über eventuelle Förderung des Wachsthums von Beggiatoa roseo-persicina durch Beleuchtung; und eine Untersuchung von Engelmann (30) über die Abhängigkeit der Bewegungen von den Lichtstrahlen für eine Form, welche, Bacterium photometricum genannt, nach den Abbildungen jedoch als Bacterium zweifelhaft ist. Für die Mehrzahl der Bacterien ist eine Lichtbeeinflussung nicht nachgewiesen.—Elektricitätswirkungen sind neuerdings von Cohn und Mendelssohn untersucht (31) und bei diesen nachzulesen.

Die Abhängigkeit von den oben erörterten Vegetationsbedingungen gilt für alle Stadien und Phasen des normalen Vegetationsprocesses, auch für die Anfänge, die Keimung der Sporen. Von letzterer muss besonders hervorgehoben werden, dass sie in allen für Bacterien bekannten Fällen nur in einem für die Vegetation der Species günstigen Nährboden erfolgt. Das stimmt überein mit dem entsprechenden Verhalten mancher Pilzsporen, z. B. denen der Mucorinen. Es stimmt nicht überein mit jenem der meisten übrigen Sporen und der Samen von Blüthenpflanzen, welche ihrerseits keimen oder wenigstens keimen können ohne Nährstoffe, wenn nur Wasser, Sauerstoff und die nöthige Wärme gegeben sind.

Es ist schon oben (S. 15) angegeben worden, dass in manchen Fällen, wie bei B. Amylobacter, auch die Sporenbildung stattfindet, während in einem Theile der vegetativen Zellen Vegetation und Wachsthum fortdauern, — also unter dauernder Wirkung der Vegetationsbedingungen. Für andere, zumal endospore Arten, gilt der Ausspruch, dass die Sporenbildung eintritt, wenn das Substrat für die Vegetation der Species »erschöpft«, d. h. ungeeignet geworden ist. Ob letzteres wirklich jedesmal in einem Verbrauch der nothwen-

digen Nährstoffe, oder in einer Anhäufung hemmender Zersetzungsproducte seinen Grund hat, oder ob die Sporenbildungen auch hier eintreten aus inneren Ursachen, wenn die Vegetation eine bestimmte Höhe erreicht hat, das Alles bedarf noch der präciseren Untersuchung, wenn es auch nur von untergeordneter practischer Wichtigkeit sein mag.

Unter dem Zusammenwirken der optimalen Bedingungen geht der Vegetationsprocess der meisten Bacterien mit großer Geschwindigkeit von statten. Brefeld bestimmte bei Bac. subtilis, dass unter guter Ernährung, Sauerstoffzufuhr und bei 30° C. ein Stäbchen jedesmal nach 30 Minuten sich theilt, das will heißen, binnen der 30 Minuten bei gleichbleibender Dicke ohngefähr auf die doppelte Länge heranwächst und dann der Quere nach in zwei gleichgroße Hälften zerfällt. In dem Maße, als man sich von den Optimalbedingungen entfernt, geht der Process langsamer von statten. Nimmt man an, dass mit der in beschriebener Weise direct beobachteten Vermehrung des Volumens auch eine entsprechende Vermehrung der Masse, speciell der Trockensubstanz stattfindet, was zwar nicht streng erwiesen, aber nach den vorhandenen Anzeichen jedenfalls annähernd richtig ist, so findet hier also binnen 30 Minuten ein Wachsthum auf das Doppelte, in jeglichem Sinne des Wortes, statt. Aehnliches ergeben die Beobachtungen für viele andere Arten, wie B. Anthracis, Megaterium u. a. m. Auch hier gibt es jedoch Ausnahmen. Das Kefirbacterium brauchte z. B. in den Fällen, welche ich untersuchte, zur ohngefähren Verdoppelung seines Gewichts über 3 Wochen, also um mehr als das fünfhundertfache an Zeit, wie B. subtilis. Ob die Bedingungen die möglichst optimalen waren, vermag ich nicht zu sagen; jedenfalls waren es diejenigen, unter welchen nach den derzeitigen Kenntnissen das Wachsthum des Kefir am besten erfolgt (in Milch, bei 15—20° Lufttemperatur und Luftzutritt).

Nicht nur das Wachsen und Keimen sind von den Vegetationsbedingungen direct abhängig, sondern, bei den mit Eigenbewegung versehenen Arten und Formen, auch diese Bewegungen selbst. Insbesondere wird das Stattfinden und die Richtung der Bewegung bestimmt durch die Einwirkung von Nährstoffen und, für die Aërobionten, des Sauerstoffs. Bringt man eine solche Form, z. B. Bacillus subtilis, in bewegungsfähigem Vegetationszustand, in einem Tropfen guter Nährlösung zwischen Objectträger und Deckglas, so sieht man alsbald die beweglichen Stäbchen sich um den Rand dieses ansammeln, wo der Sauerstoff der Luft unbegrenzten Zutritt hat. Die relativ wenigen in der Mitte des Tropfens zurückbleibenden und hier vom atmosphäri-

schen Sauerstoff abgesperrten verlangsamen und verlieren die Bewegungen. Aërobiontische Formen, mit chlorophyllführenden Algen in einen sauerstofffreien Wassertropfen eingeschlossen, bleiben zunächst in Ruhe. Sobald man aber durch Lichteinwirkung eine Sauerstoffausscheidung seitens der Chlorophyllzellen hervorruft, gerathen sie, wie Engelmann (32) gezeigt hat, in lebhafte Bewegung, und diese richtet sich nach den Orten der Sauerstoffabscheidung. An diesen sammeln sich die Bacterien. Dieselben lassen sich hiernach als feinstes Reagens auf Sauerstoffmengen von fast unvorstellbarer Kleinheit benutzen. Die häufige Gruppirung sauerstoffsuchender Formen zu Decken oder Häuten auf der Oberfläche von Flüssigkeiten hat in der in Rede stehenden bewegungsrichtenden Wirkung jedenfalls theilweise ihren Grund.

Während nun die bisher erwähnten Formen sich der Quelle atmosphärischen Sauerstoffs möglichst nähern, gibt es, wie Engelmann für ein Spirillum (27) fand, andere, welche dieses nur auf eine bestimmte Entfernung thun. Letztere nimmt ab mit Verminderung des Sauerstoffgehalts der zugeführten Luft. Diese Beobachtung zeigt das oben hervorgehobene Vorkommen von Intermediärfällen zwischen den extremen Aërobionten und Anaërobionten.

Pfeffer (33) hat nun weiter gezeigt, dass chemische Reize, welche durch andere, und zwar gelöste Körper ausgeübt werden, auf locomotorisch bewegliche Zellen und Organismen der verschiedensten Art Bewegung beschleunigend und richtend einwirken können und dass Specialfälle dieser allgemeinen Erscheinung von den Bacterien geliefert werden. Die chemischen Körper, von welchen dieses für die Bacterien gilt, sind solche, welche oben als deren Nährstoffe bezeichnet wurden. Die Richtung der Bewegung wird, wie Pfeffer zeigt, bei einseitigem Zutritt der Lösungen durch Diffusionsströme verursacht, in deren Richtung die Drehungsachse der Zelle orientirt wird und gegen welche die Locomotion fortschreitet. Nach Qualität des gelösten Körpers und Concentration der Lösung ist die Wirkung caeteris paribus verschieden; und es ist besonders festzuhalten, dass nicht jeder Diffusionsstrom, sondern nur der von jedesmal specifisch bestimmten Lösungen richtend wirkt. Aus diesen Daten erklärt sich die häufig beobachtete Erscheinung, dass Schwärme von Bacterien sich in Wasser ansammeln um feste Körper, welche lösliche Nährstoffe allmählich abgeben, wie todte Pflanzentheile, Fleischstücke u. s. f.

Die Nutzanwendungen, welche von dem über die Bedingungen und Erscheinungen der Vegetation Gesagten, in Verbindung mit den Erfahrungen über die Keime und ihre Verbreitung gemacht werden

können, sind im Grunde selbstverständlich, wenn man jedesmal genau beachtet, worauf es ankommt. Das ist immer die Hauptsache: eine bestimmte Summe positiver Kenntnisse und sorgfältige Erwägung dessen, was man erreichen will und auf bestimmtem Wege wirklich erreichen kann. Nur in aller Kürze seien daher die Nutzanwendungen hier zusammengefasst.

Bezüglich der Cultur von Bacterien ist zunächst nur ganz wenig zu sagen. Reine Auszüge aus thierischen und pflanzlichen Körpern, auch die käuflichen Fleischextracte, Bouillons, Fruchtsäfte, nach Bedarf neutralisirt, in nicht zu concentrirten (etwa bis 10%) wässerigen Lösungen oder in Gelatine gelöst, sind nach den mitgetheilten allgemeinen Erfahrungen der Regel nach günstige Nährböden; die specielle Wahl ist von Fall zu Fall auszuprobiren. Von französischen Beobachtern wird frischer Urin vielfach mit Erfolg angewendet. Sehr geeignet, und für Culturen mancher parasitischer Formen fast allein brauchbar, hat sich Blutserum erwiesen, zumal wenn es nach dem von Koch angegebenen Verfahren durch Erwärmen auf 60—70° zum Erstarren gebracht ist.

Herstellung der Reinheit der cultivirten Species, der Abwesenheit nicht beabsichtigter Beimengungen, worüber oben (S. 27, 33) einiges Handgriffliche mitgetheilt ist, und genaue Controle des Reinbleibens sind in allererster Linie zu postuliren. Die Möglichkeit gegenseitiger Verdrängung differenter Species wurde oben erörtert (S. 25).

Zur Reinhaltung einer Cultur sowohl als zu anderen practischen Zwecken handelt es sich weiter oft um gänzliche Zerstörung, Tödtung vorhandener Keime. Speciell bei den Culturen können diese den anzuwendenden Apparaten, Gefäßen, Nährstoffen anhängen und müssen zur Vorbereitung reiner Cultur getödtet werden. Mit einem von der Pasteur'schen Schule eingeführten Ausdruck nennt man diesen Zerstörungsprocess Sterilisirung.

Allgemein für Protoplasma giftige Körper, wie Säuren, Sublimat u. s. w., werden, in gehöriger Concentration, den gewünschten Erfolg dann bringen, wenn es sich nur um die Zerstörung handelt. Freilich unter der einen Voraussetzung, dass sie auch in das zu tödtende Protoplasma einzudringen vermögen. Für die meisten Gifte trifft das zu, aber nicht für alle. Absoluter Alkohol ist ein sofort tödtliches Gift für Protoplasma, er muss daher auch das Protoplasma der Sporen endosporer Bacillen tödten, wenn er es erreicht. Nichtsdestoweniger bleiben die Sporen von Bac. Anthracis, wie Pasteur fand, und sicher auch die anderer endosporer Arten nach mehrwöchentlichem Aufenthalt in

absolutem Alkohol lebendig. Macht man dasselbe Experiment mit unversehrten reifen Samen der gewöhnlichen Gartenkresse, so erhält man das nämliche Resultat: nach 4 Wochen aus dem Alkohol genommen, gewaschen und ausgesät keimen sie. Die Bacillussporen und die Kressesamen haben mit einander gemein, dass sie von einer Gallertmembran rings umgeben sind, und in die Gallerte dringt der Alkohol nicht ein; darum bleibt das Protoplasma, welches sonst bei dem Kressekeim ganz sicher sofort getödtet würde, unbehelligt.

Bei den Culturen ist aber die Anwendung von Giften zur Sterilisirung mit großen Uebelständen verbunden, in allen den zahlreichen Fällen, wo jene, um nicht der Cultur selbst zu schaden, wieder entfernt werden müssen. Beim Abwaschen der Gefäße u. dergl. können ja wieder neue Verunreinigungen kommen.

Das bei weitem practischere Verfahren zur Sterilisirung besteht daher in der Anwendung extrem hoher Temperaturen, die, wenn es sich um Tödtung eventueller Sporen handelt, über 100° gehen müssen; — bei trockenen Gefäßen geht man am besten auf 120—150°. Handelt es sich um Sterilisirung von Flüssigkeiten, so kann eine Erwärmung auch auf nur 100° eventuell aus practischen Gründen unzulässig sein, z. B. wenn die Gerinnung von Eiweißkörpern, welche in der Flüssigkeit gelöst sind, vermieden werden muss. Da die meisten vegetirenden Zellen schon bei 50—60° getödtet werden, führt hier das von Tyndall (34) angegebene Verfahren meist zum Ziel, welches darin besteht, dass man die Flüssigkeit stehen lässt, bis die etwa darin enthaltenen Keime zu wachsen anfangen, dann auf 60—70° erwärmt, und dieses ein paar Tage hintereinander wiederholt. In den meisten Fällen wird die Flüssigkeit alsdann bacterienrein sein — sauberen dichten Verschluss des Gefäßes selbstverständlich immer vorausgesetzt.

In dem practischen Leben endlich handelt es sich meist nur darum, etwa vorhandene Keime unschädlich zu machen, dadurch dass man ihre Weiterentwickelung verhindert, gleichviel ob sie deren fähig bleiben oder nicht. Radicale Zerstörung wäre ja auch hier das beste und wünschenswertheste; allein die Anwendung der meisten Gifte in der sicher tödtenden Concentration oder die Anwendung sicher tödtender Hitzegrade würde hier gewöhnlich auch zur Zerstörung der Dinge führen, welche vor den Bacterien geschützt werden sollen. Man muss sich daher auf die erreichbare Abschlagszahlung beschränken.

Wenn, wie nicht zu bezweifeln ist, die günstigen Erfolge derzeit angewendeter Desinfectionen, die großartigen der Antisepsis in der Chirurgie ihren Grund haben in dem erreichten Schutz vor zer-

störenden Bacterien, so ist wiederum kaum zweifelhaft, dass dieser Schutz — neben dem Fernhalten der Keime durch die mittelst dieser Proceduren jedenfalls erhöhte Reinlichkeit — vorwiegend durch Entwickelungshinderung, weit weniger durch Tödtung der Keime zu Stande kommt. Die ausgedehnten Versuche von Koch (14, I. 234) zeigen, dass unter den Desinfections- und Antisepsis-Mitteln, in der zulässigen Concentration resp. Verdünnung, nur Quecksilber-Sublimat, Chlor und Brom keimtödtend wirken. Körper wie Salicylsäure, Carbolsäure u. s. w. in den angewendeten Verdünnungen, Rohrzuckerpulver können im allgemeinen nicht anders als durch Wachsthumshemmung günstig wirkend gedacht werden. Höchstens wäre noch näher nach etwaigen specifischen Empfindlichkeiten verschiedener Bacterienarten zu fragen. Ein Eiter- oder Erysipel-Micrococcus könnte sich zu den Antisepticis anders verhalten, als der von Koch vorwiegend studirte Bacillus Anthracis.

VII.

Verhältniss zu dem Substrat und Einwirkung auf dasselbe. Saprophyten und Parasiten. — Saprophyten als Erreger von Zersetzungen und Gährungen. — Eigenschaften der Gährungerreger.

Der Vegetationsprocess von Organismen, welche organische Verbindungen als Nahrung verbrauchen, muss schon hierdurch auf das Substrat, welchem diese entzogen werden, verändernd einwirken. Zu diesen Veränderungen kommen andere, näher mit dem Athmungsprocesse zusammenhängende Einwirkungen, durch welche das organische Substrat tief eingreifende Umsetzungen erleidet.

Das gilt für Organismen der bezeichneten Lebensweise überhaupt, also für alle chlorophyllfreien: Infusorien und Pilze sowohl wie Bacterien. Speciell Pilze im engeren Sinne, Sprosspilze, Schimmel u. s. w. haben, als relativ leicht dem Experiment zugänglich, die besten und meisten Aufschlüsse über die in Rede stehenden Erscheinungen gegeben und wir werden sie im Folgenden manchmal als Beispiele heranzuziehen haben.

Das Interesse, welches sich den chlorophyllfreien Bacterien zuwendet, beruht vorwiegend in ihren Einwirkungen auf ihr Substrat.

Wir haben diese daher, nach der bisherigen Vorbereitung, jetzt zu betrachten und durch Hervorhebung der wichtigsten bekannten Einzelfälle zu veranschaulichen.

Je nachdem das organische Substrat ein lebender oder ein todter Körper ist, unterscheidet man zwei Haupt-Kategorien chlorophyllfreier Organismen. Parasiten, Schmarotzer nennt man diejenigen, welche auf oder in lebenden Mitgeschöpfen ihren Wohnsitz haben und von ihnen leben; Saprophyten die anderen, von todten Körpern lebenden. Verschiedene Species sind der einen oder der anderen Vegetationsweise thatsächlich verschieden angepasst: die einen kennen wir sowohl als Parasiten wie als Saprophyten; andere nur in der ersteren oder in der letzteren Eigenschaft.

Wir werden auf diese Unterschiede und Abstufungen später, speciell bei den Parasiten, näher einzugehen haben. Vorerst genügt es, sie kurz zu merken.

Die specielle Betrachtung hat, der einfachern Verständlichkeit wegen, mit den Saprophyten zu beginnen. In den Körpern, welche von diesen bewohnt werden, findet Spaltung der vorhandenen Verbindungen in einfachere Körper statt. In dem weitest gehenden Falle gänzliche Oxydation, Verwesung, mit den Endproducten Kohlensäure und Wasser für die stickstofffreien Kohlenstoffverbindungen; in anderen Fällen partielle, nicht bis zu den letzten Verbrennungsproducten fortschreitende Oxydationen, »Oxydationsgährungen«, wie z. B. bei der Essiggährung, d. h. der Oxydation von Aethylalkohol zu Essigsäure. Seltener treten Reductionen auf, wie bei der nachher zu besprechenden Spaltung von Sulfaten durch Beggiatoen. Endlich jene mit anderen als einfachen Oxydationsproducten abschließenden Spaltungen, welche als Gährungen zusammengefasst werden und von welchen die Alkoholgährung, die Spaltung der Zuckerarten in Aethylalkohol und Kohlensäure das in jeder Hinsicht bekannteste Beispiel ist. Finden solche Spaltungen mit übelriechender Gasentwickelung und speciell an stickstoffhaltigen Verbindungen statt, so redet man von Fäulniss, ein derzeit mehr populärer und anschaulicher als wissenschaftlich streng definirter Ausdruck.

Auf die chemischen Vorgänge bei diesen Processen, auf die rein chemische und physikalische Seite der Gährungstheorien näher einzugehen, ist hier nicht unsere Aufgabe. Und auch die allgemeine Geschichte dieser Theorien sei hier nur insoweit berührt, als erwähnt wird, dass seit etwa dem Jahre 1860 feststeht, dass die ganze Reihe der erwähnten Erscheinungen von Verwesung und Gährung Folgen

der Vegetations-, der Lebensprocesse von niederen Organismen, insonderheit Pilzen und Bacterien sind. Es ist das ganzeigene Verdienst Pasteur's, diese vitalistische Gährungstheorie im Gegensatze zu anderen, welche den lebenden Organismen keine oder andere ursächliche Beziehungen zuerkannten, fest begründet und auf alle hierher gehörigen Erscheinungen ausgedehnt zu haben; allerdings nachdem die gleiche vitalistische Theorie für die Alkoholgährung schon seit Cagniard-Latour (1828) und Schwann (1837) klar ausgesprochen war, ohne aber zu allgemeiner Aufnahme zu gelangen.

Der Vegetationsprocess der lebenden Organismen ist also die directe Ursache der Gährungen; letztere finden nicht statt, wenn jene getödtet sind. Man nennt solche Organismen daher Gährungerreger, Fermentorganismen, schlechthin Fermente nach der Terminologie der Pasteur'schen Schule; Hefen in der von Nägeli angewendeten Terminologie. Je nachdem dann der Gährungerreger ein Sprosspilz oder ein Spaltpilz, d. h. Bacterium, oder ein fadenförmiger Pilz ist, wird kurz von Sprosshefe, Spalthefe, Fadenhefe geredet. Die französische Terminologie schränkt die Anwendung des französischen Wortes levure, welches ursprünglich das deutsche Hefe bedeutet, auf die Sprosspilze, welche Gährungerreger sind, ein. Es ist zum Verständnis der Litteratur wesentlich, auf diese Anwendungen des Wortes Hefe in ganz verschiedenem Sinne aufmerksam zu sein. Und es muss hinzugefügt werden, dass dasselbe Wort nicht nur für Gährungerreger schlechthin oder für die bestimmte gährungerregende Sprosspilzform angewendet wird, sondern in oft recht unnöthiger Confusion auch noch für die Sprosspilzformen, gleichviel ob sie Gährungen erregen oder nicht.

Von dem verschiedenen Sinne des Wortes Ferment wird nachher noch die Rede sein.

Da die Vegetation, das Wachsthum der Organismen, die Gährung in Gang setzt, so muss das zu vergährende Substrat die sämmtlichen für den Vegetationsprocess nöthigen Nährstoffe enthalten. Eine reine gährungsfähige Zuckerlösung z. B. gährt nicht, wenn man lebende gährungerregende Pilze oder Bacterien ebenfalls rein in kleiner Menge zugibt. Der Zucker ist zwar, wie wir sahen, ein guter Nährstoff für diese. Er deckt aber nur den Bedarf an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und genügt daher nicht für die Ernährung. Fügt man der Lösung die oben bezeichneten stickstoffliefernden und Aschenbestandtheile bei, dann kommt die Gährung in Gang, wenn im übrigen die günstige Vegetationstemperatur u. s. w. gegeben ist. Die im natürlichen Verlaufe der

Dinge oder in der menschlichen Praxis vergährenden Körper, wie Most und Maischen, sind solche für die Gährungerreger ernährungstüchtige Gemenge.

In jedem Gährungsprocess findet nun erstens, auf Kosten der zu vergährenden Substanz, ein Wachsen, eine Vermehrung des erregenden Organismus statt. Das kann man direct sehen, wenn dieser im Anfang in minimaler Menge zugesetzt war, und durch Wägung genau bestimmen. Der Rest des Gährmaterials wird in Folge der mit der Vegetation verbundenen Umsetzungsprocesse — deren nähere Betrachtung, wie oben schon gesagt, hier unterbleiben muss — in die Gährungsproducte gespalten. Das bestbekannte Beispiel hierfür ist die, allerdings nicht streng in unsere Bacterienbetrachtung gehörende Alkoholgährung des Zuckers durch den Bierhefe-Sprosspilz, Saccharomyces Cerevisiae. Nach Pasteur's Angaben werden, in geeigneter Lösung, von 100 Theilen Zucker verbraucht ohngefähr 1,25 zur Bildung von Hefesubstanz, 4—5 zur Bildung von Bernsteinsäure und Glycerin, der Rest, also 94—95%, zerfällt in Alkohol und Kohlensäure.

Das Beispiel zeigt, dass der Spaltungsprocess ein complicirter ist, und nicht einfach im Zerfall allen Zuckers in Kohlensäure und Alkohol besteht. Letztere sind aber der Menge nach und auch nach ihrer Bedeutung für die menschliche Praxis die hervorragendsten Producte der betreffenden Gährung. Man unterscheidet hiernach, sowohl in dem vorliegenden als in den übrigen Fällen, Hauptproducte und Nebenproducte der Gährungen und benennt den Gährungsprocess nach einem characteristischen Hauptproduct.

Für die Bacteriengährungen weiß man, dass ihr Gang jenem des angeführten Beispiels im allgemeinen analog ist. Für die meisten derselben ist aber bis jetzt der Spaltungsprocess minder genau, für viele sind nur die Hauptproducte qualitativ bekannt. Unter letzteren tritt auch hier vielfach Kohlensäure auf. Weiteres wird unten bei den speciellen Beispielen zu erwähnen sein. Hier sei nur noch kurz aufmerksam gemacht auf die bei Bacteriengährungen nicht selten auftretenden Farbstoffe, von denen schon oben (S. 4) die Rede war, und nach denen wohl auch von Pigmentgährungen die Rede ist.

Manche, nicht alle Gährungserreger scheiden Stoffe aus, welche die Eigenschaft haben, in der minimalen Menge, in welcher sie ausgeschieden werden, in dem Substrat andere, als direct zum Gährungsprocess gehörige Veränderungen hervorzurufen. Analoge und analog wirkende Ausscheidungen finden vielfach auch anderwärts statt, bei

nicht gährungerregenden Pilzen z. B. und an bestimmten Organen oder in den Zellen höherer Organismen, auch chlorophyllführender Pflanzen. Der Bierhefepilz z. B., Saccharomyces Cerevisiae, scheidet einen Körper aus, welcher den Rohrzucker in Lösung invertirt, wie man sagt, d. h. unter Wasseraufnahme spaltet in Glycose und Laevulose (Traubenzucker und Fruchtzucker). Der Bacillus Amylobacter spaltet durch eine solche Ausscheidung Cellulose in in Wasser lösliche Umsetzungsproducte. Die Zellen keimender Samen produciren einen Körper, Diastase, welcher Stärkekörner in Dextrin und Glycose zerlegt. Stoffe dieser Kategorie werden zusammengefasst unter dem Namen Enzyme oder ungeformte, unorganisirte Fermente, auch wohl schlechthin Fermente in der deutschen Terminologie. Die zumal von Duclaux consequent durchgeführte Terminologie der französischen Schulen nennt sie allgemein Diastasen und bildet dann für die Einzelerscheinungen besondere Worte mit gleicher Endung, wie Amylase, Saccharase (»Sucrase«!), Casease u. s. w., während sie, wie wir sahen, das Wort Ferment für die gährungerregenden lebenden Organismen selbst reservirt. Die Enzyme sind, wie schon angedeutet, ihrerseits nicht organisirte oder bestimmt geformte Körper, in Wasser löslich, ihrer chemischen Beschaffenheit nach wohl sämmtlich den eiweißartigen Verbindungen anzuschließen. Man kann sie von den Organismen, welche sie produciren, trennen, ohne dass dabei, bei geeigneter Behandlung, ihre Wirkung verloren geht. Das Characteristische dieser besteht allgemein darin, dass sie chemische Umsetzungen, Spaltungen hervorrufen, ohne selber in die Endproducte dieser mit einzugehen und hierdurch ihre Wirksamkeit dabei einzubüßen. Die Wirkungen sind von Fall zu Fall specifisch ungleich, man unterscheidet hiernach, wie in den genannten Beispielen, invertirende, Zucker bildende u. s. w. Enzyme, und zu diesen sind diejenigen hier noch zu nennen, welche, wie das Pepsin des thierischen Magensaftes, eiweißartige Körper unter Wasseraufnahme in leicht lösliche Peptone umsetzen, — peptonisirende Enzyme.

Nach dem Gesagten braucht kaum mehr hervorgehoben zu werden, dass jedem Gährung oder Zersetzung hervorrufenden Organismus eine specifische Thätigkeit in den bezeichneten Richtungen, eventuell auch specifische Enzymbildung zukommt. In der gleichen Zuckerlösung wird von der einen Species Alkoholgährung erregt, von anderen Milchsäure- resp. Buttersäuregährung u. s. w. Nach den Hauptproducten gleiche Gährung kann ferner auch von ungleichnamigen Species unter sonst gleichen Verhältnissen erzeugt werden,

allerdings in quantitativ ungleichem Maße: Alkoholgährung der Zuckerlösungen z. B. sowohl von einer Anzahl Saccharomyces-Arten als auch von bestimmten Species der Mucorinen-Gruppe. Die gleiche Species kann ferner in ungleichem Substrat ungleiche Zersetzungen hervorrufen. Das Essigbacterium oxydirt den Alkohol in verdünnter Lösung zu Essigsäure; letztere dann, wenn der Alkohol fehlt, zu Kohlensäure und Wasser. Der Bierhefe-Saccharomyces vergährt Traubenzucker direct zu Kohlensäure und Alkohol; Rohrzucker wird nicht vergohren, sondern durch das oben erwähnte Enzym erst »invertirt« und der aus Glycose und Laevulose gebildete »Invertzucker« in dem Maße, als er entsteht, vergohren.

Fitz' Butylalkohol-Bacillus (B. Amylobacter, vergl. diesen unten, IX.) vegetirt in Nährlösungen von Milchzucker, Erythrit, weinsaurem Ammoniak, milchsauren, apfelsauren, weinsauren Salzen u. s. w., ohne in diesen characteristische Gährungen zu erregen; er vergährt Glycerin, Mannit, Rohrzucker, mit Kohlensäure, Buttersäure, Butylalkohol als Hauptproducten, kleinen Mengen von Milchsäure u. a. als Nebenproducten, jedoch sehr ungleichen Mengen der Hauptproducte je nach dem Gährmaterial. Die Quantitäten der Buttersäure z. B. betrugen unter gleichen Gährbedingungen bei den 3 Materialien 17,4; 35,4; 42,5.

Aehnliche Beispiele sind in den Gährungsarbeiten viele zu finden.

Auch die Enzymabscheidungen können bei der gleichen Form nach der Qualität des Substrats wechseln. Wortmann (35) fand für ein nicht näher bestimmtes Bacterium, dass es ein Stärke lösendes Enzym ausscheidet und Stärke löst, wenn ihm der Kohlenstoff nur in Form von Stärkekörnern gegeben ist. Wird der Kohlenstoff in Form eines in Wasser leicht löslichen Kohlehydrats, z. B. Zucker, oder in Weinsäure gegeben, so bleiben gleichzeitig gebotene Stärkekörner intact. Analoges gilt jedenfalls von dem Bacillus Amylobacter, welcher (nach van Tieghem), mit Glycose ernährt, gleichzeitig dargebotene Cellulose intact lässt, letztere dagegen zersetzt und als Nährstoff aufnimmt, wenn keine leichter assimilirbare Kohlenstoffquelle zu Gebote steht.

Endlich kann, auch bei gleichbleibender Qualität des Nährmaterials, durch Wechsel der äußeren Bedingungen innerhalb der Vegetationsgrenzen, eine bestimmte Gähr- oder Zersetzungsthätigkeit einer bestimmten Species bis auf Null herabgesetzt werden. Die andeutungsweise schon erwähnten Mucorinen, auch die Saccharomyces-Arten, von Bacterien z. B. Bac. Amylobacter, liefern Beispiele hierfür. Bac. Amylobacter verliert nach Fitz die Gährtüchtigkeit, ohne die Vegeta-

tionsfähigkeit einzubüßen, wenn er hoher Temperatur ausgesetzt wird; z. B. nach 1—3 Minuten dauerndem Kochen der Sporen in einer Traubenzuckerlösung; oder nach 7stündiger Erwärmung auf 80°; oder aber, wenn man ihn durch viele Generationen unter reichlicher Sauerstoffzufuhr in einer Nährlösung cultivirt, in welcher er keine Gährung zu erregen vermag. Die Mucorinen treten hierbei, je nach dem Wechsel der Bedingungen, in sehr verschiedener, für den jedesmaligen Fall jedoch ganz bestimmter Gestaltung auf. Für Saccharomyces und die darauf näher untersuchten Bacterien findet ein solcher Gestaltwechsel nicht oder in unerheblicherem Grade statt. Dass die äußeren Bedingungen jeglicher Art auf die Gestaltung letzterer in gewissem Maße einwirken werden, ist allerdings a priori anzunehmen und aus den S. 23 erwähnten Erscheinungen direct ersichtlich. Es ist daher auch höchst wahrscheinlich, aber noch bestimmten Nachweises bedürftig, dass der Gestaltwechsel stark pleomorpher Bacterien (vgl. S. 20) durch den Wechsel der äußeren Vegetationsursachen zum guten Theil bestimmt wird.

In dem natürlichen Verlaufe der Erscheinungen gehen die Entwickelungs- und Zersetzungsprocesse, von denen die Rede war, selten, kaum je, rein und glatt von Anfang bis zu Ende vor sich. Viele der in Rede stehenden Organismen sind so häufig, dass ihre Keime mit oder rasch nacheinander in eine Nährlösung oder ein sonstiges zersetzungsfähiges Substrat gelangen. Sie entwickeln sich dann entweder gleichzeitig und ihre Zersetzungswirkungen treten neben einander auf; oder die einen finden zunächst günstigen Boden, verändern diesen durch ihre Vegetation, schaffen dieser hierdurch Hindernisse, während sie anderen den günstigen Boden bereiten; verschiedene Entwickelungen und Zersetzungen treten daher in demselben Substrat nach einander auf.

Beispiele für solche Combinationen und Successionen von Gährungs- und Zersetzungsproducten finden sich überall in dem natürlichen Verlauf der Dinge und in den einschlägigen Gegenständen des menschlichen Haushalts. Ich brauche auf dieselben hier um so weniger einzugehen, als eine Anzahl derselben in den folgenden Einzelbeschreibungen Erwähnung zu finden haben.

VIII.

Wichtigste Beispiele von Saprophyten. — Orientirung über die Nomenclatur. — Saprophyten der Gewässer: Crenothrix, Cladothrix, Beggiatoa; andere Wasserbewohner.

Wenn wir jetzt übergehen zu der speciellen Betrachtung einiger saprophytischer Bacterien, so ist noch dreierlei vorauszuschicken. Erstens kann es sich nicht handeln um die Aufzählung aller in dieser Richtung beschriebenen Erscheinungen. Wir beschränken uns auf solche, welche derzeit am besten bekannt und gleichzeitig von allgemeinerem Interesse sind. Mit der Zeit werden diesen voraussichtlich noch viele hinzugefügt, an den derzeit geltenden Anschauungen auch mancherlei Aenderungen vorgenommen werden. Wir stehen derzeit noch sehr im Anfangsstadium der bezüglichen Kenntnisse und Untersuchungen. Zweitens gehen wir auch hier nicht näher ein auf die Details der chemischen Processe bei der Zersetzungswirkung; wir stellen die morphologischen und biologischen Gesichtspunkte in den Vordergrund. Hierbei müssen wir uns aber drittens darüber klar bleiben, dass auch in Bezug auf letztere unsere Kenntnisse derzeit noch sehr im Anfangsstadium, mindestens sehr ungleichmäßig entwickelt sind. Dies ist in dem Maße der Fall, dass von einer consequenten systematisch-botanischen Ordnung und Nomenclatur noch nicht die Rede sein kann. Was einer solchen derzeit gleich zu sehen scheint, ist lediglich vorläufiger Nothbehelf. In solchem Falle bleibt nichts übrig, als für den gegebenen Zeitpunkt sich über eine provisorische Ordnung und Nomenclatur zu verständigen. Es sei daher erstlich beibehalten die früher (III.) begründete Haupteintheilung in endospore Formen und nichtendospore oder arthrospore. Einzelne besser bekannte Gruppen aus beiden Abtheilungen können und sollen dann als Genera ausgeschieden und mit präcis definirbaren Namen bezeichnet werden. Den Namen Bacillus beschränken wir und dehnen ihn aus auf alle endosporen Formen und Arten mit stabförmigen vegetativen Zellen und Zellverbänden erster Ordnung. Von Arthrosporen-Formen lassen sich einzelne, wie Beggiatoa, Cladothrix, Leuconostoc, Sarcina u. a. ausscheiden und durch nachher anzugebende Charactere unterscheiden. Es bleibt dann übrig eine Menge von anderen, bei welchen wir auf eine oberflächliche Gestaltunter-

scheidung beschränkt sind und die definitive Classification dahingestellt sein lassen müssen. Von diesen seien die Schraubenformen als Spirillum zusammengefasst. Eine Anzahl dieser gehört, nach van Tieghem, zu den Endosporen, für andere wissen wir es nicht, die Anschaulichkeit empfiehlt hier die einstweilige Zusammenfassung. Im übrigen seien die nicht als endospor bekannten Stabformen miteinander Bacterium genannt, und die in Kokkenform (S. 8) bekannten Micrococcus. Dass zwischen letzteren und kurzen Stab-Bacterien nicht scharf, sondern nur nach Zweckmäßigkeit unterschieden werden kann, ist selbstverständlich. Einzelne Bemerkungen hierüber und über etwaige Synonymie bleiben natürlich auch vorbehalten.

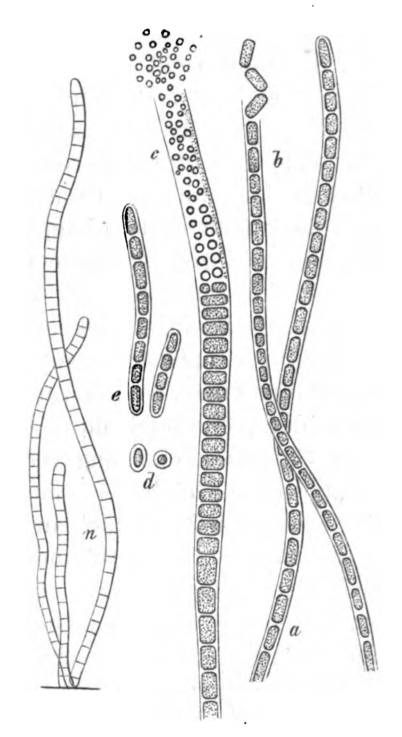


Fig. 5.

In Gewässern, welche organische Substanzen in Lösung enthalten, kommen in oft schädlicher oder doch sehr unangenehmer Menge die relativ großen, arthrosporen Formen vor, welche als Crenothrix, Cladothrix, Beggiatoa beschrieben sind (36).

1. Crenothrix Kühniana (Fig. 5) bildet im reichstgegliederten Entwickelungszustande Fäden von 1—6 μ Dicke, bis etwa 1 cm lang, mit dem einen Ende festen Körpern ansitzend, völlig unverzweigt, gerade, seltener etwas schraubig gekrümmt. Der Faden besteht aus einer Reihe von cylindrischen Zellen, die halb- bis etwa anderthalbmal so lang als breit sind. Die Außenschichten ihrer Seitenwände fließen zusammen zu einer den

Fig. 5. Crenothrix Kühniana. *n* Gruppe junger, unten ansitzender Fäden. Vergr. 450. *a, b* (Vergr. 540) ältere Fäden, bei *b* einzelne Glieder oben aus der geöffneten Scheide austretend. *c* breiter Faden, oben mit niedrig-scheibenförmigen, in basipetaler Folge der Länge nach in runde Sporenzellchen getheilten Gliederzellen; die Sporen am obersten Ende aus der offenen Scheide austretend. *d—e* Sporen, zu jungen Fäden heranwachsend. Vergr. 600. — Nach Zopf.

ganzen Faden umgebenden zarten Scheide, welche in der Jugend farblos, später oft durch Eisensalze gelb- bis tiefbraun oder braungrün gefärbt ist. Häufig zerbrechen die Fäden der Quere nach in Stücke, welche dann frei ins Wasser kommen und sich zu flockigen Massen anhäufen. Die Glieder der Fäden können durch fortgesetzte Zweitheilungen in die Form isodiametrischer Zellen übergehen, welche sich abrunden. An den dickeren Fäden erhalten hierbei die Glieder oft erst kurze Scheibenform und theilen sich dann ein- bis mehrmals der Längsrichtung des Fadens nach in rundliche Zellchen (*b*, *c*). Letztere werden schließlich aus der Scheide befreit, entweder indem diese ihrer ganzen Länge nach verquillt; oder aber, indem sie sich, wohl auch durch Verquellung, nur an ihrer Spitze öffnet und die Zellchen dann hier ins Freie treten, sei es passiv hinausgeschoben in Folge des andauernden Längenwachsthums der unteren Theile des Fadens, sei es durch langsame Eigenbewegung. Die in Rede stehenden Zellchen können nach der Formterminologie Kokken, nach ihrer Weiterentwickelungsfähigkeit Sporen genannt werden. Letzteres, weil sie, in Sumpfwasser cultivirt, wiederum zu Fäden, welche ihren Mutterfäden gleich sind, heranzuwachsen vermögen (*d*, *e*). Sie können sich andererseits auch unter gleichbleibender Kokkenform und reichlicher Gallertausscheidung vermehren und alsdann Zooglöen von mikroskopischer Kleinheit bis mehr als 1 cm Durchmesser bilden. Selten gehen sie, nach Zopf, auch in den beweglichen Zustand über und aus diesem wieder in den ruhenden. Die Zooglöen sind anfangs farblos; durch Eiseneinlagerung färben sie sich allmählich wie die Fadenscheiden. Auch aus dem Zooglöenzustande endlich vermögen die Kokken wiederum zu der erstbeschriebenen Fadenform auszuwachsen. Die äußeren Bedingungen dieser Gestaltungen sind nicht sicher ermittelt.

Crenothrix Kühniana ist verbreitet in Gewässern aller Art, auch in dem Bodenwasser bis 20 Meter Tiefe. In Wasserleitungen, Drainröhren u. dergl. kann sie gefürchtete »Wassercalamität« verursachen, indem sich ihre Fadenflocken und Zooglöen derart vermehren, dass sie dichte gelatinöse Massen bilden, welche Röhren unwegsam machen und in Reservoirs zu Schlammschichten von mehreren Fuß Tiefe anwachsen. Das Leitungswasser wird hierdurch zum Trinken und für mancherlei technische Verwendung unbrauchbar, wenn auch eine directe Schädigung der menschlichen Gesundheit durch die Crenothrix nicht bekannt ist. Auch von sonstigen Zersetzungswirkungen der Crenothrix weiß man nichts.

2. Noch häufiger als die Crenothrix ist, zumal in schmutzigen Ge-

wässern, Fabrikabwasser u. dergl., aber auch in Bächen, Cladothrix dichotoma Cohn (Fig. 6). Sie bildet oft ausgedehnte, grauweiße Ueberzüge fluthender Flocken am Ufer. Ihre gleichfalls bescheideten zarten Fäden zeichnen sich von jenen der Crenothrix im erwachsenen Zustande dadurch vor allem aus, dass sie verzweigt sind. Die Verzweigung kommt so zu Stande, dass irgend eine Gliederzelle des Fadens mit ihrem einen Ende aus der Reihe seitlich ausbiegt und dann in der divergenten Richtung weiter wächst und sich quer theilt. Die Divergenz von der Richtung des Hauptfadens ist spitzwinklig und zwar in der Regel, mit Beziehung auf die Ansatzstelle oder Basis derselben, scheitelwärts spitzwinklig, seltener umgekehrt. Man hat diese Form der Verzweigung, welche bei Nostocaceen, z. B. Scytonema, Calothrix, vielfach vorkommt, darum falsche Verzweigung genannt, weil die morphologische Betheiligung der Gliederzellen an ihr eine andere ist, als bei den meisten übrigen einreihig fadenförmigen niederen Pflanzen. Sonstige Falschheit ist ihr nicht nachzusagen, sie ist eben eine eigenartige Verzweigungsform. Was sonst, zumal nach Zopf's Untersuchung, über Bau und Entwickelung von Cladothrix bekannt ist, entspricht den für Crenothrix angegebenen Erscheinungen in dem Maße, dass hier, mit Verweisung auf genannte Monographie, nur wenige bemerkenswerthe Einzelheiten hervorgehoben seien. Zunächst ist vielleicht nicht überflüssig zu sagen, dass auch Cladothrix in den Fadenscheiden Eisen-

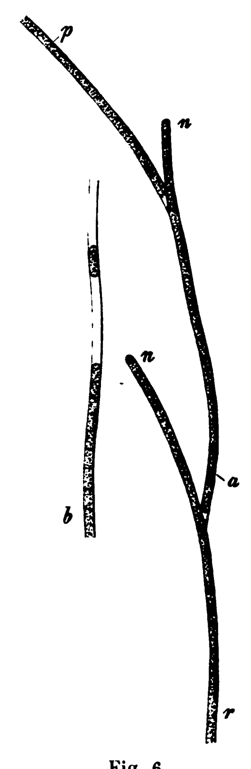


Fig. 6.

Fig. 6. Cladothrix dichotoma. *a* Ende eines lebenden Fadens. Derselbe wuchs ursprünglich in der Richtung *r—p*. Durch seitliche Ausbiegung und nachheriges divergentes Weiterwachsen von Gliederzellen sind die Aeste *n*, *n* entstanden. Im Scheitel dieser ist der Aufbau aus cylindrischen Gliederzellen deutlich, sonst ohne Einwirkung von Reagentien nicht zu erkennen. — *b* Fadenstück mit deutlicher Gliederung und Scheide; letztere ist in der oberen Hälfte, bis auf eine darin steckende cylindrische Zelle, entleert. Bei 600facher Vergr. etwas zu breit gezeichnet.

oxydeinlagerung und entsprechende Färbung erhält. Die in eisenhaltigen Quellen und Bächlein oft auffallenden Anhäufungen von ockerfarbigen Schlammassen, deren fädige Bestandtheile unter dem alten Namen Leptothrix ochracea Kützing bekannt sind, werden nach Zopf von solch eisenhaltiger Cladothrix gebildet.

Die Fäden vermehren sich theils aus abgebrochenen und dann weiter wachsenden Stücken, die selbstverständlich, je kleiner sie sind, um so kürzere »Stäbchen« darstellen — eine wiederum bei verwandten Nostocaceen allverbreitete Erscheinung; theils aus Sporen oder »Kokken«, d. h. kurzen abgerundeten Gliedern, welche aus der Scheide austreten und zu Fäden auswachsen.

Die Fäden oder einzelnen Zweige derselben können, statt der gewöhnlichen ziemlich geraden, Schraubenform erhalten mit mehr oder minder engen und steilen Windungen, und auch diese schraubigen Formen können der Quere nach in Stücke zerfallen.

Sowohl die längeren als die kürzeren stab- und schraubenförmigen abgegliederten Stücke, als auch die runden Sporen oder Kokken nehmen nicht selten Eigenbewegung an; die längeren Fadenstücke langsam kriechende oder gleitende; die kurzen lebhafte Schwärmbewegungen, wie sie oben S. 6 beschrieben worden sind.

Faden-, Stab-, Schrauben- und Kokkenformen können endlich, vermischt oder jede für sich, durch Gallerte zu Zooglöen vereinigt bleiben, die manchmal in Form stattlicher, strauchartig verzweigter Körper auftreten. Aus der Zoogloea können die kurzen Formen wiederum in beweglichem Zustand ausschwärmen; nicht minder können dieselben wiederum zu der Fadenform, von der wir als der typischen ausgingen, heranwachsen; für die schraubigen Stäbe scheint letzteres allerdings nicht direct beobachtet zu sein.

Nach allen diesen Daten stellt Cladothrix das weitest gehende Beispiel pleomorphen Entwickelungsganges dar. Die Namen Leptothrix, Bacillus, Bacterium, Micrococcus, Spirillum u. s. w., wenn solche nur Gestalterscheinungen bezeichnen sollen, kann man successive auf die einzelnen Formen, in denen sie auftritt, anwenden.

Bezüglich der Schädlichkeit und der Zersetzungswirkung der Cladothrix weiß man so viel und so wenig wie für Crenothrix.

3. Die Beggiatoen (Fig. 7) stimmen nach Zopf's Angaben gleichfalls in ihrem pleomorphen Entwickelungsgang mit Crenothrix und Cladothrix nahe überein. Fäden, gerade und schraubige, abgegliederte gerade und schraubige Stabstücke und Spirillen, letztere cilientragend und unter dem Namen Ophidomonas beschrieben (*d*), runde Kokken

oder Sporen (*e*—*k*) und Zoogloea-Aggregate derselben treten in ganz ähnlichem Wechsel auf wie dort; Stäbe, Spirillen und Kokken oft mit lebhaft schwärmender Bewegung. Der Unterschied von jenen anderen liegt hauptsächlich in dem Schwefelgehalt, in dem Bau und der Beweglichkeit der wie bei Crenothrix immer unverzweigten Fäden.

Beggiatoa alba, die häufigste Species, zeigt die Fäden farblos, im ganz intacten Zustande festen Körpern ansitzend, sehr leicht jedoch abbrechend und dann also frei, von ungleicher, zwischen etwa 1 μ und 5 μ wechselnder Dicke. Sie bestehen aus Zellen von mehr oder minder gestreckt-cylindrischer bis flach scheibenförmiger Gestalt — letzteres zumal bei den dickeren Exemplaren. Sie entbehren der distincten, die Zellreihe umkleidenden Scheide. Während ferner bei Crenothrix und Cladothrix der Protoplasmakörper homogen trüb oder feinkörnig ist, findet er sich hier mit relativ dicken, runden, stark lichtbrechenden, daher dunkel contourirten Körnern durchsäet, welche, wie Cramer gezeigt hat, aus Schwefel bestehen.

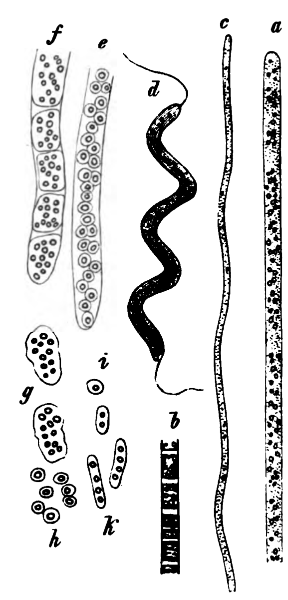


Fig. 7.

Auch in den nicht fädigen Zuständen oder Formen sind solche Schwefelkörner enthalten. Ihre Menge ist individuell ungleich; in manchen, zumal dünnen Fäden (*c*) sind sie spärlich vorhanden, können auch wohl streckenweise ganz fehlen; die meisten enthalten sie reichlich, bis zu

Fig. 7. Beggiatoa alba. *a* Stück eines starken, lebenden Fadens. *b* Ein Theil desselben, nach Einwirkung alkoholischer Jodlösung die Gliederung in Zellen zeigend. *c* sehr dünner Faden, lebend, aus demselben Präparat wie *a*. *a*—*c* bei 600facher Vergr. aber etwas zu groß gezeichnet. *d* Bewegliche Schraubenform (Ophidomonas). Vergr. 540. *e*—*h* Bildung von Sporen (»Kokken«) durch successive Theilung der Gliederzellen eines starken Fadens (*e*). Das Lumen einer jeden Spore wird von einem Schwefelkorn größtentheils ausgefüllt. In *f* die Theilung weiter als in *e* vorgeschritten; *g* Zerfall des Fadens in Gruppen von Sporen, *h* letztere von einander getrennt. *i*—*k* anscheinende Keimungszustände der Sporen (*i*), in beweglichem Zustande. *e*—*k* 900fach vergr. *d*—*k* nach Zopf.

dem Maße, dass die Structur des Fadens durch sie ganz undeutlich wird — derselbe sieht aus wie ein Stab, dessen homogen trübe Masse von schwarz umschriebenen Körnchen dicht durchsetzt ist. Erst die Anwendung stark wasserentziehender Reagentien macht die Unterscheidung der Zellen möglich (*b*).

Die Fäden zeigen ferner ihrerseits meist lebhafte Bewegungen, in der Form, wie sie bei den schon mehrfach erwähnten grünen Oscillarien, den unzweifelhaften nahen chlorophyllführenden Verwandten der Beggiatoen und der arthrosporen Bacterien überhaupt, bekannt sind: Fortrücken nach einer oder der Länge nach wechselnd entgegengesetzten Richtungen, unter Drehung in der Mantelfläche eines sehr spitzen Kegels oder Doppelkegels, wie solches oben (S. 6) für Bewegungen von Stabbacterien beschrieben wurde. Bei minder genauer Betrachtung erscheinen diese Bewegungen wie im Fortgleiten unter pendelartiger Hin- und Herschwingung der Fadenenden. Dazu kommen zuweilen Krümmungen, die oft ruckweise mit Wiedergeradestreckung abwechseln und eine hohe Biegsamkeit des ganzen Fadens anzeigen.

Man kennt eine Anzahl anderer Arten von Beggiatoa; so die durch rosenrothe bis violette Farbe ausgezeichnete, ebenfalls als pleomorph bekannte B. roseo-persicina, deren Zooglöen nach Zopf als Clathrocystis roseo-persicina Cohn beschrieben wurden; die nur in Fadenform bekannte B. mirabilis Cohn, eine riesige, bis 20 und 30 μ dicke Species; B. arachnoidea Roth u. a. m. Abgesehen von den angedeuteten Differenzen kommen alle in den Hauptmerkmalen, zumal dem Gehalt an Schwefelkörnern mit B. alba überein.

B. alba ist einer der häufigsten Bewohner der Gewässer. Sie findet sich verbreitet sowohl in Sumpfwässern, Fabrikabflüssen, Schwefelthermen, an diesen Orten oft gesellig mit Cladothrix, wie auch im Meere an seichten Küsten. B. roseo-persicina ist an denselben Orten weniger häufig, die anderen genannten Arten sind nur aus dem Meere bekannt. Die Beggiatoen bewohnen verwesende Reste von Organismen, zumal Pflanzen; daher vorzugsweise den Grund der Gewässer, auf welchem diese sich anhäufen. Bei reichlicher Entwickelung bedecken sie diesen als schleimige, weiße, resp. (B. roseo-persicina) rosa bis braunviolette Häute oder flockige Ueberzüge.

Die Beggiatoen haben die Eigenschaft, die in dem Wasser, welches sie bewohnen, enthaltenen Sulfate, speciell Natriumsulfat und Gyps, zu reduciren unter Abscheidung von Schwefel und Schwefelwasserstoff. Dass dieser Process in dem lebenden Protoplasma seinen Sitz hat, wird

durch das Auftreten der Schwefelkörner in diesem erwiesen. Die Schwefelwasserstoff-Bildung hat zur Folge erstens die Niederschlagung von Schwefeleisen in dem hierdurch schwarzen, von Beggiatoen bewohnten Schlamme; sodann den Gehalt besagter Gewässer an gelöstem, resp. durch Verdampfung frei werdenden Schwefelwasserstoff, welcher den bekannten Gestank des Wassers verursachen und auf die wasserbewohnende Thierwelt schädigend einwirken kann. Der von Beggiatoen bedeckte »weiße« Grund der Kieler Bucht z. B. heißt auch der »todte«, weil er zwar nicht von allen Thieren, aber von Fischen gemieden wird (37). In der Oeconomie der Natur sowohl wie des Menschen kommt hiernach diesen Gewächsen eine eigenthümliche und wichtige Rolle zu. Nach einigen Angaben sollen sie dieselbe übrigens theilen mit anderen, grünen Gewächsen aus der Verwandtschaft der Oscillarien und der Ulothricheen. (Vgl. 26, p. 769.)

Die beschriebenen Formen sind wohl die stattlichsten Repräsentanten der Bacterienflora der Gewässer, keineswegs die einzigen. Dieselben Wässer vielmehr, welche Beggiatoen und Cladothrix enthalten, werden vielfach von anderen Formen der früher besprochenen Kategorien, auch von endosporen Bacillen z. B. mehr oder minder reichlich bevölkert. Für eine genauere Uebersicht derselben und ihrer etwaigen Zersetzungswirkungen fehlt es noch an hinreichenden Untersuchungen, und die zerstreuten Einzelheiten, welche man davon kennt, haben für uns hier kein Interesse. Von den Bacterienkeimen, die sich auch in den reinsten, Luft und Staub ausgesetzten Wässern finden können, war schon bei früherer Veranlassung (V.) die Rede.

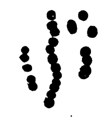
IX.

Gährungerregende Saprophyten. Harnstoffgährungen. Nitrification. Essiggährung. Schleimgährungen. Milchsäurebildung. Kefir. Amylobacter. Eiweisszersetzungen. — Bacterium Termo.

Von Saprophyten, welche als Erreger bestimmter Zersetzungs- resp. Gährungsprocesse bekannt sind, seien weiterhin als Beispiele von allgemeinerem Interesse hervorgehoben und etwas näher betrachtet der Harnstoff-Micrococcus; die nitrificirenden Bacterien;

die Essigmutter; die Bacterien der Milchsäure-, Buttersäure- und Schleimgährungen von Kohlehydraten und anderen Körpern; endlich die Bacterien der Zersetzungen eiweißartiger Körper.

1. Normaler Harn vom Menschen und von Fleischfressern nimmt beim Stehen an der Luft anstatt der im frischen Zustand vorhandenen sauren Reaction alkalische und ammoniakalischen Geruch an. Das rührt davon her, dass der Harnstoff unter Aufnahme von Wasser in kohlensaures Ammoniak umgesetzt wird. Die ursprünglich klare Flüssigkeit wird dabei getrübt, und zwar, wie die Untersuchung lehrt, durch niedere Organismen, unter welchen allerlei Pilze und Bacterien sein können, der Micrococcus Ureae Cohn aber für den in Rede stehenden Process der »Harnstoffgährung« der Erreger ist (38; 26, 697). Pasteur (1) hat zuerst gezeigt, dass der Micrococcus, rein erzogen und in reiner, Harnstoff enthaltender Nährlösung cultivirt, hier die gleiche Zersetzung wie im Harn hervorruft. Dies geschieht, wie die Untersuchung lehrt, durch ein zuerst von Musculus nachgewiesenes lösliches, durch Alkohol fällbares Enzym, welches der Micrococcus ausscheidet.


Fig. 8.

Der Micrococcus (Fig. 8) besteht aus runden, 1,25—2 μ großen Zellchen, welche nicht immer, aber gewöhnlich zu längeren, oft mehr als 12gliedrigen Reihen vereinigt bleiben. Diese sind oft wellig gekrümmt und kraus und winden sich schließlich nicht selten zu Knäueln, oder wenn man so sagen will, kleinen Zooglöen zusammen, in denen dann die Zellchen unregelmäßig durcheinander gehäuft sind. Im Anfang der Culturen sind die Zellen nach v. Jacksch cylindrisch; im übrigen nicht erheblich länger als breit; sie bleiben in dieser Gestalt eine Zeitlang in dem genetischen Verbande fest vereinigt, bilden also aus kurzen Cylindern aufgebaute stabförmige Reihen, um sich erst später abzurunden. Man kann hiernach, wenn man will, von einer »Stäbchenform« reden, wird jedoch hierdurch an Klarheit nichts gewinnen. Distincte Sporen sind bei dem Harnmicrococcus nicht bekannt.

Der M. ureae bedarf, wie die Versuche lehren, für seine Vegetation der Sauerstoffzufuhr. Er kann daher nicht wohl das Alkalischwerden des Harns innerhalb der Blase verursachen, welches bei manchen Blasencatarrhen beobachtet und seiner Einwirkung zugeschrieben wird, denn der nöthige Sauerstoff fehlt hier. Allerdings werden in

Fig. 8. Micrococcus Ureae Cohn. Erklärung siehe S. 19.

solch krankhaft alkalischem Harn kleine Bacterien in Menge gefunden und es muss angenommen werden, dass dieselben, durch die Harnröhre spontan oder gewaltsam (z. B. durch Katheter) in die Blase gelangt, die Erreger der in Rede stehenden Zersetzung sind. Es muss hiernach weiter angenommen werden, dass noch andere und zwar anaërobiontische Species »Harnstoffgährung« oder analoge Processe verursachen können. Miquel (15, 1882) hat in der That eine in dem Staub vorkommende, sehr zarte Stäbchenform gefunden, er nennt sie Bacillus ureae, welche anaërobiontisch vegetirt und den Harnstoff in der gleichen Weise wie der Micrococcus in kohlensaures Ammoniak umsetzt.

In dem Harn der Pflanzenfresser wird, nach van Tieghem, die Hippursäure zu Benzoesäure und Glycocoll hydratisirt, durch einen Micrococcus, welcher vielleicht mit dem M. ureae identisch, jedoch noch näherer Untersuchung bedürftig ist.

2. Im Anschluss an jene Formen, welche den Harnstoff in Ammoniakverbindung überführen, möge hier die Nitrification, die Oxydation der Ammoniakverbindungen zu Nitraten, wie sie bei der Salpeterbildung im Großen eintritt, Besprechung finden, insofern sie, nach den Untersuchungen von Schlössing und Müntz (26, p. 708; 39), ebenfalls der Vegetation kleiner Bacterien ihr Zustandekommen verdankt. Die Erscheinung tritt ein in feuchtem durchlüftetem Boden, welcher Ammoniakverbindungen mit geringen Mengen organischer Substanz und alkalischer Körper, z. B. Kalksalze enthält. Sie lässt sich künstlich erhalten in Nährlösungen, welche Ammoniakverbindungen enthalten, wenn man eine kleine Menge Ackererde zugesetzt hat, bei geeigneter, mit 37° ihr Optimum erreichender Temperatur und unter andauerndem Luftzutritt.

Die Salpeterbildung erfolgt alsdann unter Vegetation der Bacterienformen; sie steht still, wenn diese getödtet werden; sie tritt auch dann ein, wenn die gezüchteten Bacterien allein, ohne Erde, in die geeignete Nährlösung gebracht sind. Hieraus ist zu schließen, dass es sich um eine Oxydationsgährung handelt, welche durch die in den Oberflächenschichten feuchten Bodens sehr verbreiteten Bacterien hervorgerufen wird.

Die morphologische Characterisirung dieser Bacterien steht noch aus. Nach den genannten Autoren handelt es sich um einen sehr kleinen zarten, etwa dem M. aceti ähnlichen Micrococcus, sodass van Tieghem in seinem Lehrbuche den Namen Micr. nitrificans anwendet. Doch lässt die Beschreibung nicht recht verstehen, wie das Ding aus-

sieht, und Duclaux redet von einem Gemenge verschiedener Formen. Bei der Wichtigkeit des Processes empfiehlt sich ein genaueres Studium desselben, resp. der Frage, ob die Nitrification ausschließliche Leistung einer bestimmten Species oder, unter bestimmten Bedingungen, von mehrerlei Arten und deren Gemengen ist.

3. Essig-Gährung (26, p. 501; 40, 41, 42). Wenn eine Nährlösung, welche einige Procent Alkohol enthält und sauer ist, am besten bei etwas erhöhter, etwa 30—40° betragender Temperatur an der Luft steht, so bildet sich Essig, d. h. der Alkohol wird — unter Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft — zu Essigsäure oxydirt. Zugleich trübt sich die Flüssigkeit mehr oder minder, und ihre Oberfläche bedeckt sich mit einem zarten, farblosen, nach und nach dicker werdenden Häutchen. Dieses besteht in reinen Fällen aus der Essigmutter, Micrococcus aceti, Bacterium aceti (Arthrobacterium aceti; Mycoderma aceti der alten Pasteur'schen Nomenclatur). Pasteur hat vor 25 Jahren gezeigt, dass dieses Bacterium von den in der Lösung enthaltenen organischen und Mineralstoffen lebt und wächst und, unter Sauerstoffabsorption aus der Luft, den Alkohol zu Essigsäure oxydirt. Der präcise Nachweis hiervon wird geliefert dadurch, dass man reinen Nährlösungen von den S. 49 angegebenen Eigenschaften einige (bis etwa 4) Procent Alkohol, 1—2% Essigsäure zusetzt und dann eine minimale Menge von einem Essigmutterhäutchen in die Flüssigkeit bringt. In der geeigneten Temperatur und bei freiem Luftzutritt wächst die Essigmutter zu der beschriebenen Haut heran und in dem Maße, als das geschieht, wird der gelöste Alkohol in Essigsäure umgesetzt.

Die verschiedenen in der Oeconomie angewendeten Verfahrungsweisen der Essigbereitung, die wir hier nicht ins Einzelne verfolgen, sind Culturen des Micrococcus aceti, bei der geeigneten Temperatur und je nach dem speciellen Verfahren verschieden regulirter Lüftung. Die Essigmischungen — aus Wein, Bier u. s. w. mit Zusatz von bereits gebildetem Essig — haben die wesentlichen Eigenschaften obiger Nährlösungen. Der Essig des practischen Lebens ist verdünnte Lösung von Essigsäure und enthält immer mehr oder minder reichliche Mengen des Essig-Micrococcus. Keime dieses sind auch im übrigen verbreitet, und fehlen insbesondere wohl nie in den Gefäßen, welche der Bereitung und Aufbewahrung alkoholischer Flüssigkeiten dienen. Das Sauerwerden letzterer bei unvorsichtiger Behandlung ist wenigstens zum Theil Wirkung des Essig-Micrococcus. M. aceti ist, gleich dem M. ureae, ein nach den dermaligen Kenntnissen arthrospores Bacterium und in seiner Gestaltung dem Harnstoff-Micrococcus ähnlich (Fig. 9).

Er besteht gewöhnlich, und wohl in dem normal vegetirenden Zustande, aus cylindrischen Zellchen, welche nicht viel länger als breit werden und einen Querdurchmesser von etwa 1,5 μ haben. Dieselben vermehren sich durch den gewöhnlichen Quertheilungsprocess und bleiben oft zu langen Fadenreihen verbunden, in älteren Culturen oft aus dem Fadenverband verschoben, aber durch Gallerte zusammengehalten. Mit dieser kurzzelligen Micrococcusform kommen nicht selten Zellreihen vor, deren Glieder theils lang stabförmig gestreckt, theils nicht nur mehrmals länger wie breit, sondern auch spindelförmig oder blasig angeschwollen sind, derart, dass ihre größte Breite den Durchmesser der gewöhnlichen Zellchen um mehr als das vierfache übertreffen kann. Man würde diese blasigen Zellen nie für mit den kleinen zusammengehörig halten, wenn sie nicht meistens mit ihnen — einzeln oder zu mehreren hintereinander — als Glieder derselben genetischen Reihen, und durch mancherlei Zwischenformen vermittelt, vorkämen. Erscheinungen dieser Art sind auch bei anderen Bacterien beobachtet; sie sind es, welche wir früher unter dem Nägeli'schen Namen Involutionsformen kennen gelernt haben (vgl. S. 8). Ob sie wirklich, wie dieser Name ausdrücken soll, Rückbildungszustände, oder krankhafte Formen sind, möchte ich für den Essig-Micrococcus dahingestellt lassen. Sie kommen allerdings in manchen Culturen gar nicht oder vereinzelt, in anderen dagegen außerordentlich zahlreich vor und in dem letzteren Falle konnte ich nie finden, dass sie »den Eindruck, als seien sie zu weiterer Entwickelung unfähig«, machen. Positive Angaben sind aber derzeit ebensowenig über ihre entwickelungsgeschichtliche Bedeutung als über die Bedingungen ihres Entstehens oder Ausbleibens möglich.


Fig. 9.

Von E. Chr. Hansen ist ein Micrococcus gefunden und M. Pasteurianus genannt worden, welcher sich dem M. aceti in allen Stücken gleich verhält, bis auf den — bei successiven Generationen constant bleibenden — Unterschied, dass seine Zellen mit Jod die blaue Stärkereaction (vgl. S. 4) zeigen, während der gewöhnliche M. aceti durch dieses Reagens gelb gefärbt wird.

Fig. 9. Micrococcus aceti, Essigmutter, einzelne und reihenweise verbundene rundliche Zellen, und Reihen mit stabförmig gestreckten und spindelig oder flaschenförmig angeschwollenen Gliedern; die letzteren aus einer bei 40^0 gehaltenen Cultur. Vergr. 600.

Diese Thatsache schon zeigt, dass der letztgenannte Micrococcus allerdings die gewöhnliche, aber nicht die einzige essigbildende Species ist. In der That ist auch noch von anderen, hier minder wichtigen Bacterienformen Essigsäurebildung beobachtet worden.

M. aceti kann nicht nur als Essigbildner auftreten, sondern auch als Essigverderber. Nachdem er allen Alkohol einer Flüssigkeit zu Essigsäure oxydirt hat, kann er nämlich, wie Pasteur zeigte, weiter wachsen und letztere weiter oxydiren zu Kohlensäure und Wasser, den Endproducten aller Verwesung.

Es ist zwar nicht zur Sache gehörig, aber vielleicht nicht überflüssig, zu erwähnen, dass nicht jede weiße Haut, welche auf der Oberfläche einer zur Essigbildung geeigneten Flüssigkeit spontan auftritt, Essigmutter zu sein braucht. Auf abgestandenem Bier oder Wein erscheint meist die bekannte, weiße, zuletzt runzelige Kahmhaut. Sie sieht der Essighaut fürs bloße Auge oft zum Verwechseln ähnlich, unterscheidet sich aber unter dem Mikroskop sofort dadurch, dass sie von einem relativ großen Sprosspilze gebildet wird, dem Saccharomyces Mycoderma. Mit der Essigbildung hat dieser direct nichts zu thun. Er oxydirt vielmehr den Alkohol und andere etwa gelöste Körper zu Kohlensäure und Wasser. Indirect kann er hierdurch allerdings die Essigbildung insofern fördern, als er ein dem Essig-Micrococcus hinderliches Uebermaß von Alkohol und Säure zerstört, jenem daher einen günstigen Vegetationsboden bereitet.

4. Wir kommen nun zu einer Reihe von Beispielen von Gährungs- und Zersetzungserscheinungen, welche durch Bacterien in Zuckerarten und verwandten Kohlehydraten hervorgerufen werden. Wenn wir dabei in Folgendem schlechthin von Zuckerlösungen reden, so ist von diesen immer selbstverständlich vorausgesetzt, dass sie die nöthigen Bestandtheile von Nährlösungen mit enthalten.

Zunächst ein paar Worte über die sogenannten Schleimgährungen (26, p. 572, 43, 44). Ausgepresste zuckerhaltige Pflanzensäfte, z. B. von Zwiebeln, Rüben, zeigen oft die Erscheinung, dass sie eine klebrige, schleimige Beschaffenheit annehmen. Dabei wird Kohlensäure und oft auch Mannit ausgeschieden. Sogleich zu beschreibende Organismen treten in dem Schleime als Bodensatz auf. Bringt man davon eine kleine Portion in geeignete sonst keimfreie Rohrzuckerlösung, so findet in dieser das gleiche Schleimigwerden statt unter Wachsthum der Organismen. Diese sind daher als die Erzeuger der Veränderung zu betrachten. Besagte Organismen sind, nach Pasteur, zweierlei. Erstens ein dem M. Ureae sehr ähnlicher, Rosenkranzreihen

bildender Micrococcus; er bildet für sich allein in der Rohrzuckerlösung Schleim und Mannit unter Kohlensäureabscheidung. Zweitens unregelmäßig gestaltete Zellen von etwas beträchtlicherer Größe als die des Bierhefe-Saccharomyces (Seite 77) und von, im übrigen nach den vorliegenden Beschreibungen gänzlich unklaren morphologischen Eigenschaften, aber zu den Bacterien gewiss nicht gehörig; sie sollen für sich allein in der Rohrzuckerlösung nur Schleim, keinen Mannit bilden. Der Schleim selbst, um welchen es sich handelt, ist, nach den vorliegenden Angaben, ein Kohlehydrat von der Formel der Cellulose ($C_6 H_{10} O_5$).

Nach diesen, freilich noch der Vervollständigung sehr bedürftigen Daten ist wohl nicht anzufechten, dass die frei werdende Kohlensäure und der Mannit Gährungsproducte sind; der Schleim selber dürfte aber wohl mit größerer Wahrscheinlichkeit in die Kategorie der unter den Bacterien sowohl wie Pilzen so sehr verbreiteten und uns gelegentlich der Zooglöen so oft begegneten schleimig-gelatinösen Zellmembranen zu rechnen sein, daher ein Product nicht der Gährung der Nährlösung, sondern der Assimilation des Gährungerregers.

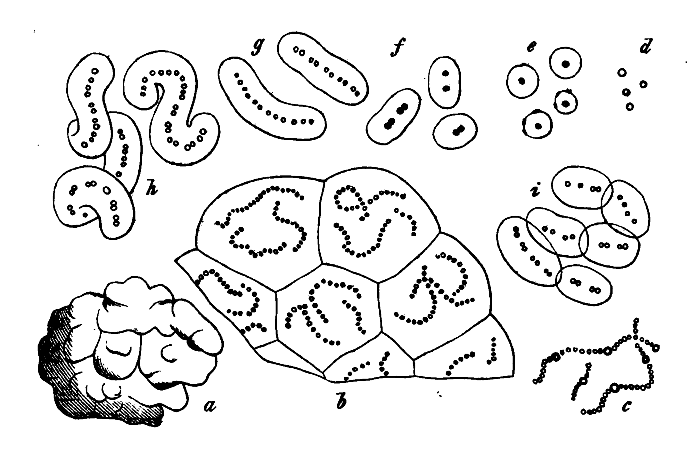


Fig. 10.

Diese Anschauung findet ihre besondere Unterstützung in der von Cienkowski und van Tieghem studirten Entwickelungs- und Vegetationsgeschichte des Leuconostoc mesenterioides, des Froschlaich-Bacterium der Zuckerfabriken, welcher große Tonnen Zuckerrübensaft binnen kurzer Frist in eine schleimig-gelatinöse Masse

Fig. 10. Leuconostoc mesenterioides. Erklärung siehe S. 18.

verwandeln und hierdurch erheblichen Schaden anrichten kann — Durin sah einen Holzbottich mit 50 Hectoliter 10procentiger Melasselösung binnen 12 Stunden von einer compacten Leuconostoc-Gallerte erfüllt werden. Die Entwickelung von Leuconostoc wurde schon oben (S. 8) als Beispiel eines arthrosporen Entwickelungsganges erwähnt. Sie sei hier noch etwas eingehender besprochen. Vgl. Fig. 10.

Die kugelige Sporenzelle (*d*) keimt in der Nährlösung; sie erscheint zuerst von einer, die Dicke der Spore selbst mehrmals übertreffenden Gallerthülle umgeben, aus dem Wachsthum und der successiven Quertheilung des Protoplasmakörpers geht dann eine einfache Fadenreihe isodiametrischer Zellen hervor, deren Längswachsthum die Hülle folgt, eine dicke, abgerundet cylindrische Scheide von fast gelatinöser Consistenz um den Faden darstellend. Auch die Querwände des Fadens werden in den jüngeren Zuständen desselben gelatinös, sie stellen breite wasserhelle Zwischenstücke, welche sich in die außen verlaufende Scheide fortsetzen, zwischen den Protoplasmakörpern dar (*e*—*i*). An älteren Fäden verschwindet letzteres Verhalten, die Protoplasmakörper stehen mit einander in Berührung (*b*). Mit dem Längenwachsthum nimmt der einzelne aus einer Spore erwachsene Faden successiv stärkere Krümmungen an, die sich schlingenbildend um einander und um andere Fäden legen. Mit dem Wachsthum ist Trennung der ursprünglich langgestreckten Gallertfäden in kürzere, immer umscheidete und in festem Verband mit einander bleibende Querabschnitte verbunden (*i*). Es entstehen so dichte Verschlingungen, welche nussgroß und darüber werden können (*a*) und welche jene erwähnten compacten Gallertkörper darstellen, deren Anhäufungen die Gefäße erfüllen. Durchschnitte durch die älteren Gallertkörper erscheinen von den Grenzen der Scheiden in Kammern getheilt, in welchen die gekrümmten Zellreihen liegen (*b*). Ist die Entwickelungshöhe erreicht und die Nährlösung erschöpft, so werden die Gallertscheiden verflüssigt, die Zellreihen zerfallen und die meisten Zellen sterben ab. Vorher schon haben sich einzelne, ohne bestimmte Ordnung in der Reihe stehende Zellen zu distincten Sporen ausgebildet, indem sie etwas größer werden als die übrigen und sich mit einer derben, nicht gelatinösen Membran, der Außenhaut der Spore, umgeben (*c*). Von diesen Sporen wurde bei vorstehender Darstellung ausgegangen. Außer ihnen kann jedes aus dem Verbande aus irgend einem Grunde losgelöste lebende Fadenstück zu einem neuen Gallertkörper heranwachsen. Die Dicke der vegetirenden Protoplasmakörper beträgt, nach van Tieghem, 0,8—1,2 μ; die ihrer Scheiden 6—20 μ; die der Sporen 1,8—2 μ.

Bei der Keimung der Spore nun entsteht (*e*) die Gallertscheide als neu gebildete, oder wenigstens beträchtlich wachsende Schicht der Zellwand, innerhalb der Außenhaut, welche ihrerseits in Stücke zersprengt wird. Diese ist für ihre Bedeutung als Assimilationsproduct, als wachsender Theil des wachsenden Fadens entscheidend. Die Gallerte hat die gleiche chemische Zusammensetzung, wie der Schleim der »Schleimgährungen«. Das Material für ihre Bildung wird selbstverständlich von dem Zucker der Lösungen geliefert. In Glycoselösung cultivirt, unter Luftzutritt und indem stärkeres Sauerwerden der Flüssigkeit verhindert wird, wurden in van Tieghem's Versuchen etwa 40% des verschwundenen Zuckers zur Bildung des Leuconostoc verbraucht; der Rest wohl großentheils zu Kohlensäure und Wasser verbrannt, ohne sichtbare Gasentwickelung. Bei Cultur in Rohrzuckerlösung erfolgt rasch eine Spaltung (Inversion) des Rohrzuckers in Glycose und Laevulose — daher die hohe Schädlichkeit für die Rohrzuckerfabrikation. Dann verschwindet der Zucker, wie in dem ersten Versuch, zuerst die Glycose, und für den Aufbau des Leuconostoc werden ebenfalls 40—45% des verschwindenden Zuckers verbraucht.

Aehnliches Schleimigwerden, wie bei der sogenannten Schleimgährung der Zuckerlösung, beobachtet man als Verderbnisserscheinungen, sogenannte Krankheiten, von Wein und Bier, dieselben werden fadenziehend, »lang«, wie der populäre Name lautet. Auch diese Erscheinungen sind begleitet resp. wohl zweifellos verursacht von der Vegetation reihenweise verbundener Mikrokokken und der Schleim dürfte auch hier die gleiche Entstehung und morphologische Bedeutung haben, wie die Gallerte des Leuconostoc. Im Vorbeigehen sei hier bemerkt, dass auch andere sogenannte Krankheiten des Bieres und der Weine auf Bacterienvegetation beruhen. Auf dieselben kann hier nicht näher eingegangen werden. Vgl. Pasteur, Etudes sur le vin, Paris 1866, und Etudes sur la bière, Paris 1872.

5. Die gewöhnliche Milchsäuregährung (26, 45) der Zuckerarten wird nach altem Verfahren eingeleitet, indem man gährfähiger Lösung saure Milch oder Käse zusetzt und dieselbe unter Luftzutritt bei 40—50° hält. Zusatz von kohlensaurem Kalk oder Zinkweiß ist ferner nothwendig, um die sich entwickelnde Milchsäure zu binden, weil die Gährung stille steht, sobald der Säuregehalt der Flüssigkeit ein gewisses Maß überschreitet.

Pasteur hat zuerst gezeigt, dass mit dem Käse oder der Sauermilch, neben etwaigen anderen, ein Bacterium eingeführt wird, welches in der Flüssigkeit, zumal dem Bodensatze, vegetirt und als

Gährungerreger wirkt. Dasselbe tritt auf in Form kleiner cylindrischer Zellchen, welche unmittelbar nach der Theilung kaum halbmal länger als breit, und durchschnittlich 0,5 μ dick sind. Nach jeder Theilung trennen sie sich gewöhnlich bald von einander, seltener bleiben sie zu kurzen Reihen verbunden; die Querwandgrenzen sind deutlich und durch eine leichte Einschnürung bezeichnet. Eigenbewegung ist nicht vorhanden. Die Species ist nach diesen Gestaltverhältnissen dem Essigbacterium ähnlich und kann Micrococcus lacticus genannt werden, was von van Tieghem auch geschehen ist. Hueppe gibt jedoch an, dass eine Sporenbildung stattfindet, wenn ich recht verstehe, nach dem endosporen Typus. Bestätigt sich dieses, so ist das Milchsäurebacterium ein sehr kleiner Bacillus in unserem Sinne, und hiernach zu benennen.

Dieser Micrococcus oder Bacillus lacticus also ist wohl in aller Milch enthalten; zwar nicht, wenn sie aus der Milchdrüse kommt, wohl aber, sobald sie im Verkehr ist. In den Ställen, den angewandten Gefäßen sind seine Keime derart verbreitet, dass er wohl immer zur Entwickelung kommt. Diese ist die Ursache der Säuerung der Milch, indem er Milchsäuregährung des darin enthaltenen Milchzuckers erregt; und wenn diese Säurebildung einen bestimmten Grad erreicht hat, findet durch die Wirkung der Milchsäure jene homogen gelatinöse Gerinnung des Caseins statt, welche für gute Sauermilch charakteristisch ist.

Die weiteren physiologischen Eigenschaften des in Rede stehenden Bacteriums sind in Hueppe's sorgfältiger Arbeit ausführlich dargestellt worden und dort nachzulesen.

In dem beschriebenen Bacillus oder Micrococcus lacticus lernen wir also ein vorzugsweise verbreitetes und wirksames Milchsäureferment kennen, aber es ist keineswegs das einzige. Die Zahl der in Zuckerlösungen resp. in Milch Milchsäure bildenden Bacterienarten scheint vielmehr eine relativ große zu sein. Hueppe allein gibt deren fünf an, und zwar Mikrokokken; der eine derselben ist uns als der M. prodigiosus des Blutwunders (S. 11) bekannt. Zwei von jenen Mikrokokken hat Hueppe als die Erzeuger der im menschlichen Munde gewöhnlich vorkommenden Milchsäure kennen gelernt, den oben beschriebenen Milchsäurebacillus fand er dagegen im Munde nur ausnahmsweise. Nähere Untersuchungen über die meisten dieser Formen und ihre Gährwirkungen sind noch abzuwarten. Es ist aber hiernach klar, dass man zwar überall, oder fast überall, wo Milchsäure in erheblicher Menge auftritt, einen Fermentorganismus, und selbst ein

Fermentbacterium erwarten darf, welches dieselbe producirt, dass dieses aber nicht immer die eine, oben als die der gewöhnlichen Milchsäuerung beschriebene zu sein braucht. Dies möge hier besonders hervorgehoben sein mit Rücksicht auf die weite Verbreitung der Milchsäure, z. B. in menschlichen Nahrungsmitteln, die man absichtlich sauer macht, wie Sauerkraut und dergleichen; oder bei welchen das Sauerwerden Verderben bedeutet, wie sauer gewordene Gemüse, Bier, soweit hier nicht Essigsäure im Spiele ist.

6. Es ist wohl am besten hier am Platze, auf das schon oben S. 10 erwähnte Kefir-Bacterium kurz zurückzukommen, welches bei einer interessanten Veränderung der Milch betheiligt ist. Dasselbe ist seit 1882 durch E. Kern bekannt geworden (46). Kefir oder Kephir ist der Name eines Getränks, einer flüssigen, moussirenden und etwas alkoholhaltigen Sauermilch, welche die Bewohner des hohen Kaukasus aus Kuh-, Ziegen- oder Schafmilch bereiten; — daher nicht zu verwechseln mit dem uns hier nicht beschäftigenden, von den Nomaden der Steppe ursprünglich aus Rossmilch bereiteten Kumys. Die Herstellung des Getränkes erfolgt dadurch, dass der Milch die oben als exquisites Zooglöen-Beispiel beschriebenen Körper zugesetzt werden, welche ebenfalls den Namen Kefir, oder Kefirkörner führen. Die Kaukasier benutzen hierbei als Gefäße lederne Schläuche; der gebildete Europäer bedient sich der minder unappetitlichen Glasgefäße. Das Recept zur Getränkbereitung mit den letzteren lautet in den Hauptzügen folgendermaßen.

Lebende, völlig durchfeuchtete Kefir-Körner werden mit frischer Milch angesetzt, so dass auf 1 Volumen Körner etwa 6—7 Volumina Milch kommen. Sie bleiben so, bei Zimmertemperatur, 24 Stunden an der Luft stehen, nur durch lockeren Verschluss gegen Staub geschützt, und das Gemenge wird öfters umgeschüttelt. Nach 24 Stunden wird die Milch von den Körnern abgegossen. Diese können von Neuem zu der gleichen Procedur verwendet werden. Die abgegossene Milch aber, wir wollen sie Gährmilch nennen, wird dann mit doppelt so viel frischer Milch gemengt, in Flaschen gefüllt und gut verkorkt. Nach einem bis mehreren Tagen ist dann in den Flaschen die mehr oder minder stark moussirende Sauermilch fertig. Sie hat den durch letzteres Wort bezeichneten säuerlichen Geschmack, ist, je nach Temperatur und Gährungsdauer in verschiedenem Maße kohlensäurereich — bis zu dem Grade, dass die Flaschen platzen oder die Stöpsel explodiren — und enthält, wie schon gesagt, etwas Alkohol; weniger als 1 % in den hier untersuchten Fällen, 1—2 % nach anderen Angaben.

Die Veränderungen der Milch zur Erzeugung besagten Getränkes nun kommen durch die combinirte Thätigkeit von mindestens drei Fermentorganismen zu Stande. Die Kefirkörner bestehen, wie S. 10 beschrieben, der Hauptmasse nach aus dem fädig-gelatinösen Bacterium, welches Kern Dispora caucasica genannt hat; zwischen diesem, in die zähe Zoogloea eingeschlossen, sind zahlreiche Gruppen des bierhefeähnlichen Sprosspilzes, Saccharomyces; dazu kommt drittens das gewöhnliche Milchsäurebacterium, welches theils (nebst unwesentlichen Pilzen und sonstigen Verunreinigungen) den Körnern anhaftet, theils mit der frischen Milch jedesmal zugeführt wird.

Von diesen Organismen oder ihren nahen Verwandten kennen wir die Fermentwirkungen wenigstens soweit, dass wir über den Gang der beschriebenen Veränderungen plausibele Vorstellung gewinnen können. Die Säuerung wird dadurch zu Stande kommen, dass das Milchsäurebacterium einen Theil des Milchzuckers in Milchsäure umsetzt. Die Alkoholgährung, d. h. das Auftreten des Alkohols und wenigstens eines guten Theils der Kohlensäure wird einem andern Theil des Milchzuckers ihr Material und der Gährthätigkeit des Sprosspilzes ihr Zustandekommen verdanken. In Traubenzucker-Nährlösung bewirkt der Kefir sowohl, wie der aus ihm stammende Sprosspilz allein, Alkoholgährung, wenn auch schwächere wie der Bierhefe-Sprosspilz. Milchzucker wird nun aber durch bekannte Sprosspilze nicht als solcher in Alkoholgährung versetzt und, wie der Versuch lehrt, auch nicht durch den in Rede stehenden. Um diese Gährung zu ermöglichen, muss er vorher invertirt, in gährungsfähige Zuckerarten gespalten werden. Nach Nägeli (9, p. 12) ist nun die Absonderung eines Milchzucker invertirenden Enzyms eine bei Bacterien verbreitete Erscheinung, Hueppe hat dieselbe speciell für seinen Milchsäure-Bacillus wahrscheinlich gemacht; die Rolle der zur Alkoholgährung durch den Sprosspilz erforderlichen Inversion wird daher jenem Bacillus, oder dem Bacterium der Zoogloea, oder beiden zufallen.

Endlich sehen wir, dass das Getränk flüssig ist; Gerinnung des Caseins findet zwar statt, aber entweder von Anfang an nicht in der homogen gelatinösen Form der gewöhnlichen Sauermilch, sondern in Klümpchen und Flocken, die in Serum suspendirt sind; oder aber das anfangs manchmal vorhandene gelatinöse Gerinnsel wird bald theilweise gelöst. Es findet also eine theilweise Verflüssigung (Peptonisirung) selbst des schon geronnenen Caseins statt. Diese muss einem von dem Zoogloea-Bacterium ausgeschiedenen Enzym zugeschrieben werden, da nach den vorliegenden Kenntnissen dem Milchsäure-Bac-

terium peptonisirende oder Casein sonst verflüssigende Wirkungen mangeln.

Mit dieser, auch der kurzen Mittheilung Hueppe's über den Gegenstand im wesentlichen entsprechenden Anschauung steht in Uebereinstimmung die bemerkenswerthe Thatsache, dass in der Gährmilch, mittelst welcher das Getränk bereitet wird, zwar immer reichliche und lebhaft wachsende Sprosspilzzellen und Milchsäurebacterien enthalten sind, von dem Zoogloeabacterium aber nichts oder nur kleine Mengen. Die Körner halten dieses in der Regel fest zurück, während sie Sprosszellen an die Milch abgeben. Der Annahme, dass von den Körnern abgeschiedene Enzyme in die Gährmilch übergehen und mit dieser dann weiter einwirken, steht natürlich nichts im Wege.

Präcise Untersuchungen über alle diese Dinge sind in der mir derzeit zugänglichen Literatur nicht enthalten.

Wenden wir uns noch einen Augenblick zu der Lebensgeschichte des Kefirkerns, so mag von dem Saccharomyces kurz bemerkt werden, dass er wächst in der von dem Bierhefe-Saccharomyces bekannten Sprossform, theils Gruppen und Nester bildend im Innern oder an der Oberfläche der Körner, theils von dieser aus in die umgebende Flüssigkeit tretend. Er ist durchschnittlich kleiner und schmäler als jener; seine Gestalt mag jedoch hier durch Reproduction einer Abbildung des sehr ähnlichen Bierhefe-Saccharomyces veranschaulicht werden (Fig. 11).

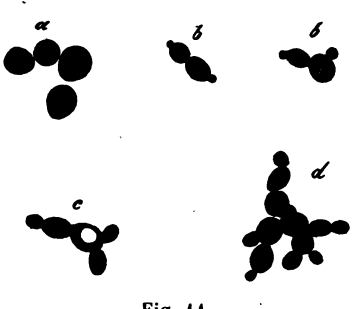


Fig. 11.

Von dem Bacterium, aus welchem die Körner ganz vorwiegend bestehen, kennen wir, glaube ich, auch nicht mehr als die vegetative Entwickelung. Es sind, wie oben schon beschrieben, schlanke Stäbchen, in Fadenverband, die Fäden dicht verflochten und durch Gallerte zur Zoogloea zusammengehalten.

Der Ursprung der Körner ist nicht weiter zurückverfolgt als bis in die ledernen Milchschläuche der Gebirgsbewohner; woher sie in dieselben gelangen, ist unbekannt. Zu uns kommen sie in getrocknetem Zustande — sie werden in diesem auch in der Heimath aufbewahrt;

Fig. 11. Saccharomyces Cerevisiae. *a* Zellen vor der Sprossung. *b*—*d* (Entwickelungsfolge nach den Buchstaben) Sprossungen in gährender Zuckerlösung. Vergr. 390.

das Trocknen muss rasch geschehen, am besten in der Sonne. Von dem trocken versendeten Material ist, soweit meine Erfahrung reicht, vieles todt. Das aufgeweichte lebende Korn wächst in der Milch langsam, wie wir früher (S. 47) sahen, unter gleichförmiger Zunahme und Vermehrung aller seiner Theile. Mit der Größenzunahme trennen sich von Zeit zu Zeit einzelne Lappen verschiedener Größe von dem Ganzen ab, so dass eine Vermehrung der Körner erfolgt. Nach einzelnen Beobachtungen halte ich für möglich, dass zuweilen Dispora-Glieder aus einem Korn austreten, und dann zu neuen Kefirkörnchen heranwachsen können, doch ist das nicht sicher. Distincte Sporenbildung kennt man zur Zeit nicht. Kern hat solche zwar nicht nur angegeben, sondern das Kefirbacterium sogar Dispora danach benannt, dass in einem Stäbchen jedesmal zwei Sporen, an jedem Ende eine, gebildet würden. Ich habe bei wiederholter Beobachtung nie etwas derartiges gesehen, wohl aber sehr oft Bilder, welche den Kern'schen Darstellungen entsprechen und zu Stande kommen dadurch, dass ein Stäbchen oder Fadenstück krumm ist und in seinem horizontal liegenden Mitteltheil der Länge nach, an einem oder beiden von der Horizontalfläche abgebogenen Enden aber im Querprofil gesehen wird. Durch solche Erscheinungen hat sich Kern täuschen lassen. Wenn man den Namen Dispora meinetwegen einstweilen auch gebrauchen mag, so ist dabei zu beachten, dass das Merkmal, welches er ausdrücken soll, nicht existirt.

7. Die Reihe der Beispiele der Fermentbacterien, welche characteristische Gährungen in stickstofffreien Verbindungen erregen, sei beschlossen mit der Betrachtung einer der verbreitetsten und, ihrer Zersetzungswirkung nach, wichtigsten und vielseitigsten Bacterienarten, des Buttersäure-Bacillus, B. Amylobacter van Tieghem, B. butyricus, Clostridium butyricum Prazmowski (23, 47, 48) und wie seine Namen noch sonst lauten mögen. Ich glaube auch Fitz' Bacillus butylicus zu dieser Species ziehen zu dürfen, wenn auch nicht zu vergessen ist, dass eben diese, heutzutage bestehende Species durch fernere Untersuchung vielleicht in mehrere getheilt werden könnte.

B. Amylobacter (Fig. 12) ist ein gegen 1 μ dicker, gewöhnlich in Form schlank cylindrischer, höchstens zu kurzen Reihen vereinigter, meist lebhaft beweglicher Stäbchen vegetirender Bacillus. Er ist morphologisch leicht zu characterisiren dadurch, dass die sporenbildenden Zellen zu Spindelform anschwellen und dann innerhalb des weitest angeschwollenen Theils eine ovale Spore bilden, welche cylindrisch mit abgerundeten Enden, manchmal etwas gekrümmt, von breitem

Gallerthofe umgeben, und viel kürzer, meist auch viel schmäler ist, als die Anschwellung, in welcher sie entstand; und ferner durch die früher (S. 14) beschriebene Stärke- oder Granulosereaction, welche die Zellen vor der Sporenbildung meistens zeigen. Habituell kommt hinzu, dass der Amylobacter gewöhnlich weder zu distincten Häuten, noch größeren Zooglöen gruppirt ist, und zur Zeit der Sporenbildung vielfach in Form beweglicher »Köpfchenbacterien« auftritt, von welchen ebenfalls bei früherer Veranlassung (S. 14) schon die Rede war. Im übrigen ist B. Amylobacter sehr vielgestaltig; die verschiedensten Specialformen der sporenbildenden Zellen kommen bunt durcheinander und in Zusammenhang miteinander vor, wie Fig. 12 veranschaulicht.

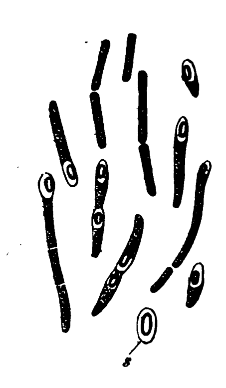


Fig. 12.

Nach seiner Lebenseinrichtung ist Bacillus Amylobacter ein Typus der Pasteur'schen Anaërobionten (S. 42), wenn auch die Möglichkeit seiner Vegetation bei Sauerstoffzutritt nicht ausgeschlossen ist. In dieser Lebensweise ist er erstlich der Haupt-Erreger der Buttersäure-Gährungen der Zuckerarten, d. h. Gährungen, bei welchen Buttersäure als Hauptproduct auftritt, neben anderen Producten, welche nach dem speciellen Material mannigfach wechseln, wie Fitz' Untersuchungen gezeigt haben. Es darf ferner angenommen werden, dass derselbe Amylobacter die Buttersäuregährung milchsaurer Salze erregt, wenn auch dem gegenüber ein von Fitz hervorgehobenes Bedenken noch nicht ganz beseitigt ist. In dieser Eigenschaft des Buttersäureferments spielt der Amylobacter eine wichtige Rolle in der menschlichen Oeconomie, einmal als Gährungserreger in sauren — hier zumal verderbenden — vegetabilischen Lebensmitteln; sodann bei der für das Reifen des Käses wesentlichen Buttersäuregährung.

Der Amylobacter ist ferner, wie van Tieghem gezeigt hat, bevorzugt thätig bei der Zersetzung »faulender« Pflanzentheile, indem er die Cellulose der Zellmembran zerstört. Er greift allerdings nicht jede

Fig. 12. Bacillus Amylobacter. Bewegliche Stäbchen, theils cylindrisch und ohne Sporen, theils in verschiedener Specialform angeschwollen und mit Sporenbildung in der Anschwellung. Vergr. 600. — *s*, viel stärker vergr., reife, durch Verquellung ihrer Mutterzelle isolirte Spore mit breiter Gallerthülle.

Zellmembran an; nicht z. B. verkorkte Membranen, Bastfasern, untergetaucht wachsende Wasserpflanzen, Moose, viele Pilze; vielmehr vorzugsweise die Membranen fleischiger, saftiger Gewebe, wie Laub, Kraut, Rinde, Knollen von Landpflanzen, weicheres Holz u. s. f. Und zwar zersetzt er hierbei zunächst mittelst eines ausgeschiedenen diastatischen Enzyms die Cellulose in Dextrin und Glycose, welche dann Buttersäuregährung erleidet. Die meisten Stärkekörner werden von ihm nicht angegriffen, wohl aber Kleister und lösliche Stärke. Die Maceration und Zerstörung nass gehaltener Pflanzentheile ist daher zu gutem Theil sein Werk, auch in Fällen, welche in die menschliche Oeconomie eingreifen, wie die Maceration, nasse Röttung von Hanf, Flachs und andern Textilpflanzen zur Gewinnung der Bastfasern, oder die Nassfäule schlechter Kartoffeln nach Reinke und Berthold. Nach van Tieghem würde dem Amylobacter bei der Ernährung der Wiederkäuer eine hervorragende Leistung zukommen, indem er in den Pansen dieser Thiere vegetirt und die Cellulose des Futters in lösliche, resorptionsfähige Zersetzungsproducte spaltet.

Van Tieghem hat ferner gezeigt, oder wahrscheinlich gemacht, dass der Amylobacter mindestens seit der Steinkohlenperiode als Cellulosezerstörer thätig ist. Fossile Pflanzentheile, welche in mehr oder minder macerirtem Zustande verkieselt sind, lassen auf Dünnschliffen dieselbe Progression der Zellwandzerstörung erkennen, welche bei der Maceration jetztlebender beobachtet wird; und dabei die verkieselten Reste eines Bacterium, welches van Tieghem mit B. Amylobacter identificirt.

Die Gähr- und Zersetzungswirkungen des in Rede stehenden Bacillus erstrecken sich noch über andere als die soeben genannten stickstofffreien Körper, wie die Untersuchungen von Fitz zeigen, von denen früher kurz die Rede war. Die Einzelheiten mögen in den genannten Arbeiten nachgesehen werden. Sein Verhalten zu eiweißartigen Körpern wird nachher noch Erwähnung finden.

Wenngleich nicht zu bezweifeln ist, dass die überwiegende Menge der Buttersäuregährungen den Amylobacter zum Erreger hat, so ist das doch nicht dahin zu verallgemeinern, dass von ihm alle Gährungen mit Buttersäure als Hauptproduct herrühren. Vielmehr beschreibt Fitz allein als Buttersäurefermente für milchsauren Kalk und für Zuckerarten einen großen, runden, kettenbildenden Micrococcus und ein kurzes, nicht endospores Stabbacterium. Seine frühere Angabe, dass Bacillus subtilis Stärkekleister zu Buttersäure vergährt, so zwar, dass diese Gährung eine besonders günstige Methode zur Ge-

winnung von Buttersäure darstellt, muss auf einer Verwechselung der Species beruhen. Der typische B. subtilis Brefeld's und Prazmowski's kann hiermit nicht gemeint sein, denn Prazmowski gibt für denselben bestimmt an, dass er in Stärkekleister keinerlei Gährung hervorruft. Der durch Vandevelde (49) gelieferte Nachweis, dass B. subtilis in Fleischextract, Glycerin, Traubenzucker nach Verbrauch des Sauerstoffs allerdings schwache Gährwirkung hervorbringt, speciell auch Buttersäure, kann hier schwerlich in Betracht kommen, da es sich dabei um sehr geringe Mengen von Gährproduct, in der Fitz'schen Angabe um ausgiebige Buttersäuregährung handelt.

Da genauere morphologische Angaben fehlen, muss dahingestellt bleiben, was für eine Art der Bacillus subtilis der Fitz'schen Stärkegährung ist. In Bezug auf diese Frage will ich hier nur noch kurz sagen, dass es jedenfalls mehrere saprophytische, endospore Bacillusarten gibt, welche dem B. subtilis ähnlich und mit ihm gewiss oft verwechselt worden sind. Ueber ihre Gährwirkungen kann vorläufig nichts bestimmtes ausgesagt werden. Der Brefeld-Prazmowski'sche B. subtilis, den ich mit diesem Namen ausschließlich bezeichne, ist von ihnen scharf unterschieden durch die Gesammtheit seiner in früheren Vorlesungen hervorgehobenen Charactere und die Keimungsform (S. 16), die Gruppirung zu runzlig gefalteten, aus zickzackförmig parallelen, zuletzt Sporen bildenden Häuten auf der Oberfläche der Nährflüssigkeit, die ovalen, relativ breiten Sporen selbst.

8. Betrachten wir schließlich noch kurz die Zersetzungen, welche in eiweißartigen Verbindungen und in Leim auftreten, so ist erstlich außer Zweifel, dass dieselben, insbesondere jene mit Gasentwickelungen verbundenen, welche gewöhnlich Fäulnissprocesse heißen, von Bacterien hervorgerufen werden. Nach den vorliegenden Daten sind die hier stattfindenden Processe und die Betheiligung der einzelnen Bacterienarten bei denselben begreiflicher Weise sehr mannigfaltig. Die Unterscheidung der einzelnen dabei betheiligten Bacterienarten und ihrer specifischen Wirkungsformen steht noch in ihren ersten Anfängen.

In erster Linie ist hier aufmerksam zu machen auf die Verflüssigung der Gelatine, welche bei Culturen mancher Bacterien, z. B. Bac. subtilis, Megaterium, eintritt, bei anderen nicht.

Weiter ist hier wiederum der vielseitige Amylobacter zu nennen. Nach den Arbeiten von Fitz und Hueppe zersetzt derselbe das Casein der Milch derart, dass es zuerst, und zwar durch von dem Bacillus abgeschiedenes Enzym, ähnlich wie bei Labwirkung, zur Gerin-

nung kommt, dann verflüssigt, in Pepton und dann in weitere, einfachere Spaltungsproducte übergeführt wird, unter welchen Leucin, Tyrosin und schließlich Ammoniak nachgewiesen sind. Die Flüssigkeit nimmt hierbei einen mehr oder minder ausgesprochenen bittern Geschmack an. Aehnliche, wenn auch nicht identische Einwirkungen auf das Casein der Milch fand Duclaux für die Bacillen, welche er Tyrothrix nennt (vgl. S. 41), und welche größtentheils auch morphologisch dem Amylobacter nahe stehen dürften. Für Tyrothrix tenuis z. B. erst Labgerinnung, dann Verflüssigung, ferner Leucin, Tyrosin, valeriansaures Ammoniak, kohlensaures Ammoniak. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass in diesen und sich daran anschließenden Veränderungen das Wesentliche der Erscheinungen beruht, welche den Reifungsprocess des aus der geronnenen Milch bereiteten Käses darstellen, in welchem die genannten Bacterien nebst anderen enthalten sind und aus welchem sie zur Untersuchung gewonnen werden können.

Bienstock (50) hat neuerdings die in menschlichen Fäces vorkommenden Bacterien näher untersucht und gefunden, dass darin, bei Erwachsenen, neben anderen, für die in Rede stehenden Processe indifferenten Formen, ein Bacillus constant enthalten ist, den er für den specifischen Fäulnisserreger nicht nur der in den Fäces enthaltenen, sondern der Albumin- und Fibrinkörper überhaupt erklärt. Rein cultivirt, zerlegt er für sich allein Eiweiß resp. Fibrin in die bei der Fäulniss sonst nachgewiesenen successiven Spaltungsproducte bis zu den letzten Endproducten, Kohlensäure, Wasser und Ammoniak. Lässt man ihn auf ein bereits vorhandenes Product der Spaltungsreihe einwirken, z. B. Tyrosin, so setzt er die Spaltung in der Reihenfolge der regulären Fäulnissspaltungen fort. Von andern Bacterien, welche Bienstock untersuchte, zeigte keines diese Wirkungen. Casein sowohl wie künstlich dargestellte Alkalialbuminate werden von dem Bienstock'schen Bacillus nicht in Fäulniss versetzt; vom Casein wird selbst angegeben, dass es völlig unverändert bleibe. Dementsprechend fehlt im Darme von Säuglingen mit dem Bacillus die specifische Zersetzung mit dem characteristischen Fäcalgeruch.

Was die morphologischen Eigenschaften dieses Bacillus der Eiweißzersetzung betrifft, so geht aus den Beschreibungen des Autors hervor, dass er ein endosporer Bacillus ist, in seiner Gestaltung wenigstens zur Zeit der Sporenbildung dem B. Amylobacter ähnlich und wie dieser bewegliche »Köpfchenbacterien« (vergl. S. 14) bildend, welche der Autor mit Trommelschlägern vergleicht. Er ist jedoch kleiner als

B. Amylobacter und selbst B. subtilis. Im übrigen ist es kaum möglich, aus den gegebenen Untersuchungen und Beschreibungen eine klare Vorstellung von dem Entwickelungsgang dieser Form zu erhalten, so dass hierüber weitere Untersuchungen abzuwarten sind.

Es ist ferner abzuwarten, in wieweit das Fäulnissmonopol des Trommelschlägers sich bestätigt. Dass dem so sei, ist bei aller Anerkennung der mitgetheilten Resultate kaum zu erwarten, wenn man sich der Erfahrungen an anderen Zersetzungsprocessen erinnert. Andere vorhandene Angaben will ich gegen die Exclusivität des Bienstock'schen Bacillus nicht als Argumente anführen, weil strengere Formunterscheidungen hier noch zu neuen Datums sind, um den Einwand bei Seite zu halten, der Trommelschläger könne, da wo eine andere Form angegeben wird, unerkannt auch anwesend und der eigentlich wirksame gewesen sein. Es ist aber auf solche andere Angaben hier wenigstens noch referirend einzugehen, insofern die Ansicht ziemlich allgemein besteht, der gewöhnliche Fäulnisserreger heiße Bacterium Termo (51). Cohn drückt diese Meinung am entschiedensten aus, wenn er sagt, er sei zu der Ueberzeugung gelangt, dass Bacterium Termo das Ferment der Fäulniss ist, in ähnlicher Weise, wie Bierhefe das Ferment der Alkoholgährung; dass keine Fäulniss ohne B. Termo beginnt und ohne Vermehrung desselben fortschreitet, dass B. Termo der primäre Erreger der Fäulniss, das eigentliche saprogene Ferment ist. Wenn man auch diese Sätze gegenüber Bienstock's Angaben jetzt keinenfalls in ihrer ganzen Ausdehnung aufrecht erhalten kann, und wenn in ihnen der Ausdruck Fäulniss auch gebraucht wird ohne strengere Präcisirung der Spaltungsprocesse und dessen, was fault; so ist doch einerseits außer Zweifel, dass unter jenem Ausdruck auch das, was man gemeinhin Faulen eiweißartiger Körper, z. B. Fleisch, nennt, mitverstanden ist, und andererseits muss das Bacterium Termo wenigstens ein sehr constanter Begleiter solcher Processe sein. Es empfiehlt sich daher einmal zu fragen, was das B. Termo eigentlich ist, um so mehr, als die moderne Bacteriologie selbst den alten Namen so gut wie todtschweigt. Sie hat dazu insoweit Grund, als ja allerdings wohl kaum sicher ermittelt werden kann, was Dujardin, Ehrenberg u. A. in den dreißiger Jahren so genannt haben. Was dagegen Cohn 1872 als B. Termo beschrieben hat, ist eine ebenso distincte wie häufige Erscheinung. Man erhält dasselbe, wenn man z. B. Hülsenfruchtsamen in Wasser faulen lässt und dann eine Cultur einleitet in der Weise, dass von der faulig gewordenen Flüssigkeit

ein Tropfen in die sogenannte Cohn'sche Bacterien-Nährlösung [1]) gebracht wird. Mehrmalige successive Uebertragung eines Tropfens so inficirter Nährlösung in frische führt dann zu annähernd speciesreiner Cultur. Die makroskopische Erscheinung des B. Termo ist characteristisch dadurch, dass in den ersten Tagen der Cultur die Nährlösung successive milchig trübe wird und dann an der Oberfläche eine grünliche Schicht erhält. In letzterer ist die in Rede stehende Form besonders reichlich angehäuft. Isolirung durch Gelatineculturen ist nicht ausführbar, weil die Gelatine durch das sich rasch vermehrende Bacterium sofort verflüssigt wird.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt kleine, stabförmige Zellchen, nach Cohn's Messung etwa 1,5 μ lang und halb oder drittels so breit werdend, in lebhafter Zweitheilung und daher oft paarweise, aber kaum je zu längeren Reihen verbunden — ähnlich also dem Micrococcus lacticus, von ihm aber durch etwas größere Dimensionen und besonders durch sehr lebhafte Eigenbewegung der in der Flüssigkeit suspendirten Individuen unterschieden. Die Bewegung ist oft eine eigenthümlich ruckweise hin und herfahrende. Auf der Oberfläche der Nährflüssigkeit bilden sich ferner zuletzt Zoogloea-Anhäufungen in Form grünlicher schleimiger Häute oder Klumpen, in welchen die Zellen unbeweglich liegen. Den Wechsel dieser beiderlei Zustände hat Cohn schon 1853 anschaulich geschildert. Sporenbildung characteristischer Art ist bei B. Termo nicht beobachtet, es ist also den Arthrosporen einstweilen zuzurechnen. So viel, um das alte Bact. Termo der erneuten Berücksichtigung zu empfehlen. Wieviel diese von ihm und seiner Reputation als Fäulnisserreger übrig lassen wird, muss sich zeigen. Wir schließen mit ihm jetzt die Reihe der Beispiele saprophyter Bacterien.

---

1) Die »Cohn'sche Normallösung« (Eidam in Cohn's Beitr. I, 3, p. 270) besteht aus: Saurem Phosphors. Kali gr. 1,0, Schwefels. Magnesia 1,0, Neutr. Weinsaurem Ammoniak 2,0, Chlorkalium 0,1, Wasser 200,00.

X.

Parasitische Bacterien. Die Erscheinungen des Parasitismus.

Wir gehen nun über zu der anderen, oben S. 52 nach der Lebenseinrichtung unterschiedenen Kategorie derBacterien, den parasitischen.

Parasiten, Schmarotzer, nennt man in der Biologie solche Lebewesen, welche auf oder in anderen Lebewesen Wohnung nehmen und sich von der Körpersubstanz derselben ernähren. Das Thier oder die Pflanze, welche einem Parasiten Wohnort und Nahrung liefert, wird sein Wirth, Ernährer u. s. w. genannt. Man kennt Parasiten aus sehr verschiedenartigen Abtheilungen des Thier- und Pflanzenreiches und hat über viele derselben gute und sichere Erfahrungen. Ich brauche nur zu erinnern einerseits an die Eingeweidewürmer, andererseits an die große Reihe der, zumal in Pflanzen, schmarotzenden (echten) Pilze. Die Erfahrung an solchen, der Untersuchung relativ leicht zugänglichen Formen lehrt, dass in der Einrichtung parasitischer Lebensweise eine außerordentliche Mannigfaltigkeit, die verschiedenartigsten Abstufungen von Fall zu Fall, d. h. von Species zu Species bestehen, und zwar einerseits nach der mehr oder minder strengen Forderung parasitischer Lebensweise und andererseits nach den Wechselbeziehungen zwischen Parasit und Wirth.

Es würde hier viel zu weit führen, auf diese hier stattfindenden Verhältnisse auch nur einigermaßen ausführlich einzugehen. Einige Hauptpunkte müssen wir jedoch zu unserer Orientirung hervorheben.

Mit Beziehung auf das Postulat der parasitischen Lebensweise kennen wir erstlich als den von den Saprophyten extremst abweichenden Fall jenen der obligaten Parasiten, d. h. solcher, welche bei den bestehenden Natureinrichtungen ihren Entwickelungsgang nur in parasitischer Lebensweise, und nicht in saprophytischer durchlaufen können. In aller Strenge, mit Ausschluss jeder saprophytischen Abschweifung gilt das, um von Bekanntestem zu reden, z. B. von Entozoen, wie Bandwürmern, Trichinen; unter den Pilzen von jenen pflanzenbewohnenden, welche als Rostpilze (Uredineen) bezeichnet werden. Thatsächlich leben diese Wesen nur in ihren lebenden Wirthen und von denselben. Man kann sich ja die Möglichkeit wohl denken, dass auch außerhalb des lebenden Wirthes die Bedingungen für ihre Entwickelung eintreten oder künstlich hergestellt werden könnten, und es wäre gewiss ein instructives Experiment, einen Bandwurm, in Nähr-

lösung, aus dem Ei zu erziehen; aber thatsächlich ist das noch nicht geschehen und findet dergleichen in der Natur nicht statt. Es besteht in solchen Fällen ein obligater und zwar ein streng obligater Parasitismus.

Das Adjectiv streng setzen wir darum hinzu, weil es eine Modification des obligaten Parasitismus gibt, welche darin besteht, dass zur Vollendung des ganzen Entwickelungsganges einer Species zwar parasitische Lebensweise nothwendig, factisch auch oft allein vorhanden ist; dass aber die Fähigkeit besteht, wenigstens in bestimmten Entwickelungsstadien saprophytisch zu leben. Aus dem Thierreich fällt mir kein Beispiel hierfür ein; es wird deren auch geben. Unter den Pilzen gibt es eine Anzahl Arten der Gattung Cordyceps, welche Insecten, zumal Raupen bewohnen, an welchen diese Einrichtung in ausgezeichneter Weise auftritt. Die aus Sporen auf einer Raupe erwachsenen Keime dringen in das Thier ein, entwickeln sich in diesem üppig weiter und tödten dasselbe schließlich, um unmittelbar nach dem Tode den ganzen Thierkörper mit Pilzgewebe zu durchwuchern. Aus diesem wachsen dann, bei günstigen Vegetationsbedingungen, stattliche, bis mehrere Zoll lange Pilzkörper hervor, welche die Früchte des Pilzes und in diesen Sporen bilden. Von letzteren geht der gleiche Entwickelungsprocess wiederum aus, falls sie wiederum auf ein geeignetes lebendes Insect gelangen. Findet das aber nicht statt, so vermögen die Sporen auch auf todter organischer Substanz, z. B. einer Nährlösung, zu keimen und die Keime hier zu Pilzpflanzen heranzuwachsen. Die characteristischen Früchte, welche ich vorhin nannte, bilden letztere aber nicht. Sie bilden andere Sporen als die in jenen Früchten erzeugten; dieselben vermögen auch saprophytische Weiterentwickelung einzuleiten; gelangen sie aber auf das geeignete Wirththier, dann kann von ihnen aus die Entwickelung wieder beginnen, welche mit der beschriebenen Fruchtbildung ihren Höhepunkt erreicht. Das sind also Parasiten mit der Fähigkeit, ihren Entwickelungsgang in saprophytischer Existenz zwar nicht bis zur Erreichung des Höhepunktes, nämlich die Früchtebildung, aber doch eine Strecke weit zu durchlaufen; man kann sie in Kürze facultative Saprophyten nennen.

Drittens gibt es noch facultative Parasiten. Das sind solche Species, welche sich in beiderlei Lebensweise, der saprophytischen und der schmarotzenden, gleich oder doch wenigstens annähernd gleich vollkommen zu entwickeln vermögen. Das »oder« deutet schon an, dass auch innerhalb dieser Kategorie Abstufungen vorkommen, und zwar sind diese, wie zu erwarten, derart, dass die einen in der para-

sitischen, die anderen in der saprophytischen Lebensweise die günstigeren Bedingungen finden, noch andere endlich in dieser Beziehung keinen Unterschied bemerken lassen. Unter den Pilzen gibt es für diese Modificationen des facultativen Parasitismus viele Beispiele. Wir werden solche auch bei den Bacterien alsbald kennen lernen.

Unabhängig von diesen nach Einzelfall verschieden strengen Forderungen des Parasitismus gestalten sich die jedesmaligen Wechselbeziehungen zwischen Parasit und Wirth, die Abhängigkeit des einen vom andern, der Nutzen oder Schaden, welchen der eine vom andern hat. Von Fällen wie die Trichinen z. B. ist man gewöhnt, dieses Verhältniss sich als ein einseitiges vorzustellen, derart, dass einerseits der Parasit von dem lebenden Wirth seine ganzen Existenzmittel erhält, und dass andererseits der Wirth durch jenen nur geschädigt wird, mittelst der nothwendig erfolgenden Substanzentziehung und mannigfaltiger chemischer und mechanischer Störungen. Die Zustände der Störung in dem — jedesmal erfahrungsgemäß festzustellenden — normalen Dasein eines Lebewesens nennen wir Krankheiten; die in Rede stehenden Parasiten verursachen also solche, sie sind krankmachende, Krankheiterreger. Der Parasit kann dann weiter, durch seine Keime, Sporen, Eier und wie die Propagationsorgane sonst heißen mögen, von dem durch ihn erkrankten Wirth auf andere übertragen werden, und diese dann auch erkranken machen. Die durch Parasiten verursachten Erkrankungen sind daher von Wirth zu Wirth übertragbar, ansteckend, wie der übliche Ausdruck lautet.

Diese einseitig schädigenden, krankmachenden Parasiten sind aber nur das eine Extrem der bekannten Fälle. Es gibt andere, bei welchen beide Theile gemeinsamen Haushalt führen mit beiderseits gleichem Nutzen, und zwischen diesen Extremen wiederum alle Abstufungen. Es gibt endlich Fälle, wo ein Parasit einen Wirth bewohnt, ohne diesem weder zu schaden noch bemerkbar zu nützen, höchstens seine Nahrung beziehend von den Abfällen des wirthlichen Stoffwechsels. Im Extrem dieser Fälle, welches selbstverständlicher Weise an der Grenze der Erscheinungen wirklichen Parasitismus liegt, reden wir dann von Wohnparasiten.

Für sämmtliche nach den angedeuteten Gesichtspunkten unterscheidbare Kategorien von Parasiten gilt weiter die Jedem mehr oder minder bestimmt bekannte Erfahrung, dass eine Parasitenspecies zwischen den Wirthen, welche sie occupirt, wie man anschaulich sagt, eine Wahl treffen kann, d. h. den einen Wirth befällt und in oder auf ihm gut und vollständig gedeiht, andere entweder ganz verschmäht

oder in ihnen wenigstens minder gut wächst. Auch in diesen Beziehungen bestehen wiederum alle erdenklichen Abstufungen. Erstlich bezüglich der Wahl der Wirthspecies seitens einer Parasitenspecies. Das eine Extrem besteht in engster Einseitigkeit. Ein streng obligater, sehr ausgezeichneter parasitischer Pilz, die S. 31 genannte Laboulbenia Muscae z. B. wächst ausschließlich auf der Stubenfliege, auf anderen Insecten nicht, wenigstens nach den vorliegenden Untersuchungen. Andere Pilze und sonstige Schmarotzer sind insoweit vielseitiger, als sie eine größere Zahl von Wirthspecies, aber zunächst nur solche befallen, welche einem engeren Verwandtschaftskreise, einer Gattung, Familie u. s. f. angehören. So wachsen z. B. von den oben genannten Cordyceps-Arten manche in den Larven der verschiedennamigsten Schmetterlinge und anderer Insecten. Innerhalb eines solchen Wahlkreises bleiben aber manchmal einzelne Wirthspecies, aus Gründen, die wir nicht kennen, von der Wahl ausgeschlossen. Endlich sind obligate und facultative Parasiten bekannt, welche ihre Entwickelung in Wirthen der verschiedensten Verwandtschaftskreise gleich gut durchmachen können. Ich brauche da nur wiederum an Trichina zu erinnern, die in Nagern, Schweinen, Menschen u. s. f. vortrefflich gedeiht. Aus der Pilzreihe ließen sich nicht minder Beispiele genug anführen. Aber auch hier kommen in einem Wahlkreise absonderliche Exceptionen vor, derart, dass ohne bestimmbaren Grund manche Wirthspecies von den Parasiten verschont werden. Um nur ein Beispiel zu nennen, so befällt ein nach seiner Vielseitigkeit Phytophthora omnivora genannter Pilz die heterogensten Pflanzen, wie Oenothereen und andere Kräuter und Gartenblumen, Sempervivum, die Buche (Fagus) u. s. w., dagegen schlechterdings nicht die Kartoffelpflanze, in welcher dafür sein Nächstverwandter, Phyt. infestans, vorzugsweise gedeiht.

Es ist bis jetzt kaum möglich, die physiologischen Ursachen dieser Auswahlen präcis anzugeben. Dass es sich dabei wesentlich um chemische und physicalische Eigenschaften und Unterschiede handelt, ist andererseits selbstverständlich.

Wenn nun Auswahl nach Species besteht, so muss solche auch, in gewissem Maße, nach Individuen bestehen, denn die Unterschiede zwischen den einzelnen Species sind von jenen, welche zwischen Individuen einer und derselben Species bestehen, nicht principiell, sondern nur gradweise verschieden. Sie sind geringer wie jene; sie werden daher auch minder scharf hervortreten, manchmal nicht oder kaum bemerkbar sein; jene Abstufungen von Fall zu Fall, denen wir überall begegnen, auch hier nicht mangeln.

Drücken wir diese durch die ganze große Reihe der Parasiten gehenden Erscheinungen umgekehrt, d. h. nicht mit Rücksicht auf den Parasiten, sondern auf die Wirthe aus, so sind diese, nach Species und Individuum, für den Angriff eines Parasiten verschieden geeignet, disponirt, prädisponirt. Wir können reden von Prädisposition einer Species, eines Individuums, verschiedener Zustände, Entwickelungs-, Altersstufen der letzteren. Für solche individuelle Prädispositionen mag noch besonders hervorgehoben werden, dass sie, nicht minder wie die anderen, im Allgemeinen in der jedesmaligen chemischen, physicalischen, anatomischen Beschaffenheit ihren Grund haben müssen. Für bestimmte pflanzenbewohnende Pilze aus den Gattungen Pythium, Sclerotinia u. a. lässt sich z. B. zeigen, dass die Individuen derselben Wirthspecies je nach dem relativen Wassergehalt ungleiche Empfänglichkeit und Widerstandsfähigkeit für die Angriffe des Parasiten haben. Da in diesen Fällen der relative Wasserreichthum junger Pflanzen größer ist, als der von älteren, so ist hiernach auch eine Altersprädisposition gegeben.

Für solche Fälle, wo der Parasit in der erfahrungsgemäß normalen Vegetation des Wirthes eine Störung, die man Krankheit nennt, hervorruft, redet man im Falle einer individuellen Prädisposition gewöhnlich von krankhafter Prädisposition. Das kann zutreffen, insofern die Prädisposition für den Angriff des Parasiten verbunden sein kann mit Abweichungen von dem Zustande, den man erfahrungsgemäß den gesunden nennt. Es muss aber nicht immer zutreffen, denn es ist durchaus kein Grund vorhanden, dass die Disposition für Parasitenangriff jedesmal einen Zustand anzeigt, welcher auch dann krankhaft genannt werden darf, wenn kein Parasit vorhanden ist. Als Beleg hierfür genügt das angeführte Beispiel der nach Alter wechselnden Prädisposition. Auch hier muss von Fall zu Fall unterschieden werden, und in der Beurtheilung des einzelnen Falles ist Vorsicht geboten.

Ein Beispiel mag das noch etwas mehr hervortreten lassen. Es betrifft einen relativ sehr genau bekannten Fall. Die gewöhnliche Gartenkresse (Lepidium sativum) wird häufig befallen von einem parasitischen, relativ stattlichen Pilz, Cystopus candidus. Sie zeigt in Folge hiervon starke Degenerationen, Schwellungen, Verkrümmungen des Stengels, oft auch der Früchte, und an diesen Theilen sowohl wie den Laubblättern weiße, später verstäubende Flecke und Pusteln, welche von den sporenbildenden Organen des Cystopus gebildet werden, und nach welchen die ganze Erscheinung der weiße Rost der Kresse heißt.

Dies sind Krankheitserscheinungen, und zwar so auffällige, dass sie Jeder mit bloßem Auge sofort bemerkt. Nun findet man in einem, etwa in der Blüthezeit stehenden Kressebeet eine bestimmte Anzahl rostiger Pflanzen, z. B. zwei oder zwanzig. Sie stehen mitten unter den anderen, hundert oder tausend, und diese sind gesund und pilzfrei und bleiben so, bis die Vegetationszeit zu Ende ist. Das verhält sich so, obgleich der Cystopus in den weißen Rostpusteln unzählige Sporen bildet, die verstäuben, die sofort entwickelungsfähig sind, auch die Bedingungen für ihre erste Weiterentwickelung auf dem Kressebeet finden, und durch deren Vermittelung die weiße Rostkrankheit eminent ansteckend ist. Nichtsdestoweniger werden jene hundert oder tausend Pflanzen nicht angesteckt. Alles bisher Gesagte ist streng richtig, und wenn man nicht weiter sieht, wird man in den beschriebenen Erscheinungen einen flagranten Fall von individuell verschiedener Prädisposition erblicken; wenn man vorschnell urtheilt vielleicht auch von krankhafter Prädisposition der befallenen Pflanzen, denn sie werden ja krank und die anderen nicht. Trotz alledem verhält sich die Sache anders. Jede gesunde Kressepflanze ist für die Angriffe des Cystopus und die durch ihn verursachte Rostkrankheit gleich empfänglich, nur ist die Empfänglichkeit an ein bestimmtes Entwickelungsstadium gebunden und hört ein für allemal auf, wenn dieses vorüber ist. Die keimende Kressepflanze entfaltet nämlich zuerst zwei dreilappige Blättchen, die Keimblätter oder Cotyledonen. Ist sie ein Stück weiter gewachsen und hat mehr Laub gebildet, so welken die Cotyledonen und fallen ab. Es zeigt sich nun, dass die Keime des weißen Rostpilzes in alle Cotyledonen eindringen und sich hier weiter entwickeln können; und hat letzteres einmal angefangen, so erstarkt der Pilz alsbald in dem Gewebe, in welches er gedrungen ist, und wächst in und mit der heranwachsenden Pflanze weiter und erzeugt die Krankheit. In sämmtliche übrige Theile der Pflanze vermögen die Keime des Cystopus zwar ein kurzes Stück einzudringen, ohne aber im Innern erstarken und weiter wachsen zu können. Sind die Cotyledonen abgefallen, so ist die Pflanze daher vor seinen Zerstörungen ein für allemal geschützt. Jene zwei oder zwanzig rostige Stöcke in dem Beet sind solche, bei denen der Pilz rechtzeitig die Cotyledonen getroffen hat; hätte er sie an den tausend übrigen auch rechtzeitig getroffen, so wären alle rostig geworden. Sie sind gesund geblieben, weil sie nicht in dem Stadium angesteckt worden sind, in welchem sie ansteckungsfähig, prädisponirt waren.

Schon aus dem über die mancherlei Abstufung der Wechselbe-

ziehungen Gesagten geht hervor, dass der Verlauf und der Ausgang der Krankheit wiederum in der mannigfaltigsten Abstufung verschieden sein muss, je nach den beiderseitigen Species und auch, in geringerem Maße, Individuen. Die landläufigsten Erfahrungen von Trichinen, Bandwürmern, Krätzmilben u. s. f. legen es Jedem so nahe, dass es genügen wird, in Kürze darauf hingewiesen zu haben.

XI.

Harmlose Parasiten der Warmblüter. Darmbewohner. Sarcina. Leptothrix, Mikrokokken, Spirillum, Kommabacillus der Mundschleimhaut.

Es schien mir nützlich, obigen kurzen Ueberblick über die Erscheinungen des Parasitismus und seiner Consequenzen zu geben, weil das, was wir von parasitischen Bacterien wissen, lediglich Specialfälle der überall wiederkehrenden Haupterscheinungen sind; und was wir von ihnen vermuthen, nicht minder. Das Verständniss dieser Dinge wird also wohl durch Anlehnung an alte, längst bekannte Erscheinungen gefördert werden.

Gehen wir nun über zur Betrachtung wichtigerer Beispiele parasitischer Bacterien, so wird es sich empfehlen, zuerst und am meisten von den Parasiten der Warmblüter, inclusive der Species Homo sapiens, zu reden; nachher einige Worte von denen anderer Thiere und der Pflanzen.

Unter den erstgenannten unterscheiden wir für unseren Zweck am besten die specifischen Krankheiterreger von den anderen, nicht oder minder schädigenden. Von diesen zuvörderst einige Worte.

Der Verdauungscanal und die Respirationswege, insbesondere ersterer, sind ein reicher Fundort niederer Organismen; wenn wir das Gewürm bei Seite lassen, von Pilzen und Bacterien. Eine ganze Anzahl Pilze benutzt den Darmcanal als regelmäßigen (wenn auch meistens nicht streng nothwendigen) Durchgang, insofern sie, mit der Speise und dem Futter eingeführt, in demselben Wohnung und Nahrung für ihre erste Entwickelung finden und diese dann auf den entleerten Fäces vollenden. Die reiche und merkwürdige Pilz-Flora des Mistes liefert hierfür die Belege.

Von Bacterien kennt man das zahlreiche und formenreiche Vorkommen in dem Darminhalt. Eine eingehendere Sichtung und Sonderung der meisten Arten ist noch vorzunehmen. In dem menschlichen Darm hat Nothnagel (52) Bacillus subtilis, Amylobacter und andere nicht näher definirte Formen unterschieden; Bienstock (50) seinen Trommelschläger. In dem Darm von Hühnern fand Kurth (53) sein Bacterium Zopfii (vgl. S. 18). Das nach van Tieghem wesentliche und constante Vorhandensein des Bacillus Amylobacter im Pansen der Wiederkäuer ist hier anzuschließen (vgl. oben, S. 80).

In dem normalen Mageninhalt, bei Wiederkäuern im Labmagen, verhindert die Säure des Magensaftes das Aufkommen der meisten Bacterien. Koch's nachher zu besprechende Milzbranduntersuchungen haben sogar gezeigt, dass die vegetativen Zustände des Bac. Anthracis durch den Magensaft getödtet werden und nur die Sporen denselben lebend passiren. Für manche andere Arten mag das Gleiche gelten, und es mag vielleicht einige Wichtigkeit haben, dass in dieser Weise in dem normalen Magen eine Art Sortirung stattfindet, vermöge deren von den mit der Nahrung eingeführten Bacterien nur bestimmte lebensfähig in den Darmcanal gelangen.

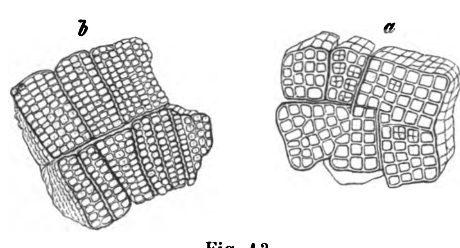


Fig. 13.

Dass dieses nicht für alle Arten gilt, sondern auch hier eine Differenz von Fall zu Fall stattfindet, zeigt das Beispiel der vielberühmten Sarcina ventriculi Goodsir (Fig. 13). Dieselbe stellt annähernd würfelförmige Packete rundlicher Zellen dar, welch letztere in regelmäßige, den Flächen des Würfels parallele Schichten geordnet und durch zäh gelatinöse Membranen in festem Verband gehalten sind. Die Vergleichung nebeneinander vorkommender Zustände zeigt deutlich, dass die Packete entstehen aus einer runden Anfangszelle durch abwechselnd nach drei Raumesrichtungen erfolgende successive Thei-

Fig. 13. Sarcina ventriculi Goods. Aus einem an Magenerweiterung behandelten Patienten; nach Einwirkung von Alkohol, Jod und Glycerin, 600 mal vergr. *a* und *b* in demselben Gesichtsfelde nebeneinander liegend; *a* die großzellige, helle Form; in einigen Zellen Theilungen zart angedeutet. — *b* die kleinzellige dunklere Form; — beide Bilder so naturgetreu wie möglich gezeichnet, völlige Porträttreue lag außerhalb des Bereiches der Möglichkeit.

lungen. Mit dem Wachsthum trennen sich dann die Packete successive in Theilpackete, deren jedes die Nachkommenschaft einer der Zellen früherer Theilungsordnungen enthält, und indem dies sich wiederholt, findet Vermehrung der Packete statt. Weiteres weiß man von der Entwickelungsgeschichte der Sarcina nicht. Hinzufügen könnte ich noch, dass ich in größeren Mengen Magensarcina oft zwei distincte Formen nebeneinander finde, eine relativ groß-, die andere kleinzellig. Erstere (Fig. 13, *a*) sieht, bei voller Turgescenz, weit heller aus als die andere Form. In ihren Zellen sieht man nicht selten äußerst zart angedeutete Zwei- und kreuzweise Viertheilungen. Ueber die etwaigen genetischen Beziehungen zwischen beiden Formen ist nichts bekannt.

Sarcina des angegebenen Baues findet sich als Saprophyt außerhalb des Organismus; Pasteur und Cohn fanden sie — ohne absichtliche Aussaat — in Nährlösungen, Schröter auf gekochten Kartoffeln, ich begegnete ihr kürzlich auf essigsauer gewordenem Bier. Die Thatsache, dass solche Befunde einzeln erwähnt werden, genügt, um zu zeigen, dass sie nicht häufig sind. Die Sarcina stellt an diesen Orten gelbliche Häufchen oder Ueberzüge dar. Anscheinend dieselbe Sarcina nun ist im menschlichen Körper nicht selten vorhanden; mehr ausnahmsweise in Lunge, Harnblase, selbst im Blute gefunden, sehr oft im Magen, bei Magenerweiterungen oft in entsetzlicher Menge. Nach dem zuweilen stattfindenden saprophytischen Vorkommen kann man sich allerdings vorstellen, wie die Sarcina in den Magen und auch in die anderen Körperhöhlen gelangen muss. Von den Ursachen ihres reichlichen Wachsthums in manchen, ihres spärlichen Vorkommens in anderen und ihres gänzlichen Fehlens in sehr vielen Fällen weiß man nichts präcises. Culturversuche zur Ermittelung derselben sind bis jetzt ohne positives Resultat geblieben. Eine strenger causale Beziehung ihrer Entwickelung zu bestimmten Krankheitsformen, insbesondere eine Krankheit erregende Wirkung der Sarcina ist nach den derzeitigen Kenntnissen nicht nachgewiesen.

Der S. ventriculi ähnliche Formen finden sich in den Intestinis anderer Thiere. Ueber ihre Specificität ist nicht viel sicheres zu sagen, mit Ausnahme einer zumal bei Hühnern und anderem Geflügel im Blinddarm vorkommenden Form, welche nach Zopf's Untersuchung wesentliche Formunterschiede von der gewöhnlichen zeigt.

Auf Mund- und auch Nasenschleimhaut werden nicht minder Bacterien beobachtet. Von letzterer machte die Angabe einiges Aufsehen, dass Bacterien bei dem unter dem Namen Heufieber bekannten Frühsommercatarrh in dem Nasenschleim constant auftreten. Ich

kann, als Besitzer dieses lästigen Uebels, die Angabe von mir selbst bestätigen, wenn auch mit dem Hinzufügen, dass in den 10—11 Monaten der heufieberfreien Zeit auch Bacterien vorhanden sind. Es sind, soweit ich sie kennen gelernt habe, kurze, dem B. Termo ähnliche Stäbchen. Ob etwa zu verschiedenen Zeiten specifisch verschiedene Formen vorhanden sind oder vorherrschen, ist nicht untersucht.

Etwas besser bekannt ist die üppige Bacterienvegetation der Mundschleimhaut. Sie findet sich am reichlichsten am Zahnfleisch, zwischen und an den Zähnen; auf der übrigen Fläche und in entleertem Speichel kommen ihre Angehörigen mehr vereinzelt, doch auch noch zahlreich genug vor. Eine Probe des von einem Zahn abgekratzten Schleims zeigt sich zum größten Theile gebildet aus einer Form, welche der alte Name Leptothrix buccalis Robin bezeichnet (Fig. 14, *a*). Es sind lange, straffe Fäden, zu dichten Bündeln verklebt, spröde, leicht der Quere nach in Stücke zertrennbar, von ungleicher Dicke: die stärkeren mit einem Querdurchmesser von über 1 μ, andere nur halb so dick. Auch die Glieder-(Zellen-)Länge ist ungleich, einerseits den Querdurchmesser nicht, andererseits ihn mehrmals übertreffend. Die Fäden, zumal die kurzgliederigen und dicken, zeigen vielfach Granulosereaction (S. 4), doch kann derselbe Faden mit Jod streckenweise wechselnd Blaufärbung oder Gelbfärbung annehmen. Rasmussen (54) hat aus der Lept. buccalis drei distincte Formen durch Cultur gesondert. In wieweit dies richtig ist, kann ich um so weniger entscheiden, als mir die Arbeit Rasmussens nur aus einem Referat bekannt ist.

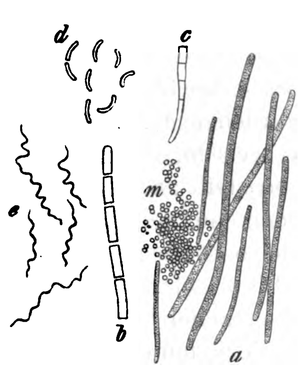


Fig. 14.

Zweitens liegen in den Leptothrixmassen oft runde »Kokken«, nicht selten zu dichten gelatinösen Haufen unregelmäßig zusammengeballt, gleich den Leptothrixformen bewegungslos (Fig. 14, *m*).

Fig. 14. Bacterien des Zahnschleims. Aus einem und demselben Präparat, *e* u. *b* nach Färbung, die übrigen frisch gezeichnet. Vergr. 600. *a* Leptothrix buccalis, Fäden oder Fadenstücke verschiedener Stärke; *b* ein Fadenstück, stärkere Vergr., nach Einwirkung alkoholischer Jodlösung die Gliederung deutlich zeigend; *c* einerseits stark verschmälertes Fadenstück, ohne Einwirkung von Reagentien, Gliederung deutlich zeigend. — *d* Lewis' Kommabacillus. — *e* Spirochaeta buccalis. — *m* Micrococcushaufen.

Mehr vereinzelt, und erst nach Zusatz von Flüssigkeit in dieser in der Umgebung der Leptothrix-Massen hervortretend findet sich drittens allgemein eine Spirillum-Form, Spirochaete buccalis oder Sp. dentium, Fäden von äußerster Zartheit ohne deutliche Quergliederung, in drei bis sechs und mehr steilen und oft unregelmäßigen Windungen korkzieherartig gedreht, biegsam, in langsam drehender Bewegung oder unbeweglich (Fig. 14, *e*). Weiter endlich kommt dazu oft, wenn auch nicht immer, ein dünnes, kurzes, bogig gekrümmtes Stäbchenbacterium, der von Lewis (55) beschriebene »Kommabacillus« des Mundschleimes; es zeigt in Flüssigkeit meist lebhafte hüpfende Bewegung.

Es ist von vornherein als sicher anzunehmen, dass außer diesen Formen die gewöhnlichen saprophyten Bacterien in den Mundschleim kommen müssen, und Rasmussen hat solche, z. B. den Bacillus Amylobacter, auch nachgewiesen. Hueppe gibt zwei, Milchsäure bildende Mikrokokken aus dem menschlichen Munde an (vgl. oben, S. 74). In größerer Menge kommen aber andere Formen in gesunden Individuen nicht zur Entwickelung. Man kann vielleicht sagen, dass ihre Invasion durch die Gegenwart der genannten characteristischen Mundbewohner verhindert wird.

Ich hebe nochmals hervor, dass ich diese letzteren hier nur als thatsächlich nebeneinander vorhandene Formen beschrieben wissen möchte. In wie weit sie zu einander in genetischer Beziehung stehen, soll hier nicht weiter discutirt werden. Nach dem Eindruck, den die Dinge machen, hat wohl die Ansicht die größte Wahrscheinlichkeit, dass mehrere gesellige distincte Species vorliegen.

Die beschriebenen Bewohner der Verdauungs- und Respirationswege, denen sich noch andere, bei Säugethieren gefundene verwandte anschließen, sind, soweit unsere Kenntniss reicht, wohl zum allergrößten Theil unschädliche Gäste, Wohnparasiten, die Mundbewohner vielleicht selbst nützliche Beschützer gegen die Invasion störender Gährungerreger. Ueber die den letzteren eigene eventuelle Zersetzungswirkung ist zur Zeit nur die Milchsäurebildung anzugeben und, für die Micrococcusformen und Leptothrix buccalis — ob für alle unter diesem Namen zusammengefassten Formen, bleibt weiter zu untersuchen — die Thatsache, dass sie zum verderblichen Krankheiterreger oder Zerstörer werden können. Nach Miller's Untersuchung (56) nämlich ist ihre Vegetation die nächste Ursache der Caries, des Hohlwerdens der Zähne, indem sie in Schmelz und Zahnbein ein-, in den Kanälchen des letzteren vordringen und es sammt der Pulpa successive durchwuchern und zerstören. In den intacten Zahn dringen sie allerdings nicht ein, vielmehr ist, nach

Miller, zum ersten Angriffe, dem Eindringen in die Zahnsubstanz, Lösung der Kalksalze in den oberflächlichen Schichten derselben Vorbedingung. Diese kommt zu Stande in Folge von Säurebildung im Munde.

XII.

Milzbrand und Hühnercholera.

Als Erreger der Zahncaries führt uns die Leptothrix buccalis zu den krankmachenden Parasiten der Warmblüter.

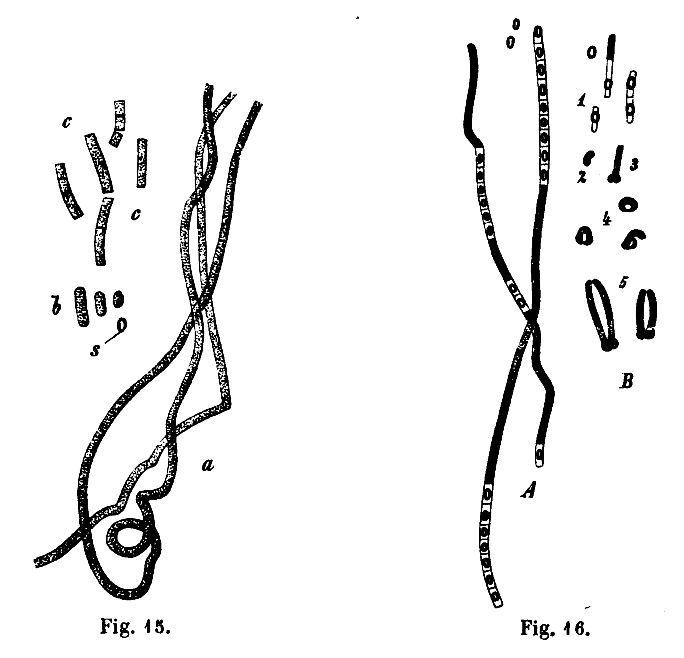


Fig. 15. Fig. 16.

Wir werden von denselben, ihrer Lebensweise und ihren Wirkungen am besten eine anschauliche Vorstellung gewinnen, wenn wir zuerst einige relativ genau bekannte Beispiele betrachten.

Fig. 15. Bacillus Anthracis. *a*, *b*, aus Objectträger-Culturen in Fleischextractlösung. *a* Stück einer Gruppe kräftig wachsender Fäden; die Gliederung in Zellen ist nicht sichtbar — wohl aber vorhanden. — *b* drei successive Stadien einer keimenden Spore; daneben, *s*, reife Spore vor der Keimung. — *c* Stäbchen aus dem Blute eines inficirten Meerschweinchens, einige Stunden nach dessen Tode, unter Einwirkung von destillirtem Wasser. — Vergr. 6—700.

Fig. 16. Bacillus Anthracis u. Bac. subtilis. Erklärung siehe S. 16.

Als erstes wählen wir die als Milzbrand, Anthrax, charbon, sang de rate bezeichnete Krankheit und deren Erreger, Bacillus Anthracis (57).

Der B. Anthracis ist oben schon mehrfach besprochen worden. Seine Beschreibung sei daher hier nur kurz recapitulirt unter Reproduction der Abbildung (Fig. 15, 16). Er besteht aus cylindrischen Zellen, welche etwa 1—1,5 μ dick sind und drei- bis viermal so lang werden. Im Blute der Thiere sind dieselben meist zu langen, geraden Stäbchen verbunden (Fig. 15, *c*), welche ohne genauere Untersuchung homogen erscheinen, d. h. die Gliederung in Einzelzellen nicht hervortreten lassen. Bei Cultur in todtem Substrat wachsen diese heran zu sehr langen Fäden, welche vielfach geknickt erscheinen, Krümmungen, Schlingen bilden, auch an den Knickungsstellen in stabförmige Stücke durchgetrennt werden, und meist in großer Zahl zu Bündeln oder Garben vereinigt und umeinander gedreht sind (Fig. 15, *a*). Die Stäbchen und Fäden sind, mit Ausnahme später zu erwähnender besonderer Fälle, ohne locomotorische Bewegung. Die Bildung (Fig. 16) und Keimung der Sporen erfolgt nach dem oben (III.) beschriebenen Modus endosporer Bacillen; bei der Keimung findet einfaches Längswachsthum der Spore statt (Fig. 15, *b*), ohne Abhebung einer distincten Sporenhaut und öfters unter langsam schwankender Bewegung des jungen Keimstäbchens. Die reife Spore ist breit ellipsoidisch, so breit, wie ihre cylindrisch bleibende Mutterzelle, aber viel kürzer, und liegt ohngefähr in der Mitte dieser, bevor sie durch Verquellung der Membran frei wird.

Durch die Bewegungslosigkeit und die Keimungsform ist B. Anthracis von dem meist auch schmäleren, sonst sehr ähnlichen, aber nicht parasitischen B. subtilis mikroskopisch verschieden. Dazu kommt in den gewöhnlichen Fällen der makroskopische Unterschied, dass er, auf der Entwickelungshöhe, in Nährlösungen einen flockigen Bodensatz bildet, B. subtilis dagegen die trockene Haut auf der Oberfläche, vgl. S. 10. Von Ausnahmserscheinungen wird nachher die Rede sein.

Die Milzbrand-Krankheit befällt vorwiegend Säugethiere. In erster Linie Pflanzenfresser, zumal Nager und Wiederkäuer; von beobachteten Species sind Hausmaus, Meerschweinchen, Kaninchen, Schafe, Rinder in absteigender Folge empfänglich. In zweiter Linie sind empfänglich Omnivoren, auch der Mensch; in dritter die Fleischfresser; unter den letzteren z. B. Katzen mehr als Hunde. Auch für Vögel wird Empfänglichkeit angegeben, freilich nicht unbestritten; Gibier fand

Frösche, Metschnikoff Eidechsen (Lacerta viridis) dann empfänglich, wenn sie bei der ohngefähren Temperatur des Warmblüterkörpers gehalten wurden. Wir lassen, unter Verweisung auf die Speciallitera-tur (57), die Controversen hier bei Seite und halten uns an die sicheren Fälle, speciell Säugethiere. Wie aus dem Gesagten hervorgeht, ist die Empfänglichkeit für die Erkrankung nach Species verschieden; inner-halb einer Species ist sie es nach Rasse, Alter und Individuum.

Der Milzbrand ist eine weit verbreitete Krankheit. Es ist aber eine alte Erfahrung, dass er in manchen Gegenden besonders häufig auftritt, dass solche Milzbranddistricte für das Heerdenvieh besonders gefährlich und von den Viehzüchtern gefürchtet sind.

Das klinische Bild der Krankheit ist nach der befallenen Thier-species ungleich; für größere Thiere wird ein relativ langsamer Ver-lauf unter heftigem Fieber u. s. w. und vorwiegend, doch nicht immer tödtlicher Ausgang angegeben. Mäuse und Meerschweinchen erliegen der Krankheit in den beobachteten Fällen so gut wie immer, ohne bis zum Tode besonders auffallende Symptome zu zeigen. Speciell die Meerschweine sah ich oft anscheinend munter, fresslustig, bis sie auf einmal (etwa 48 Stunden nach der Infection) umfallen und nach kur-zem Kampfe verenden.

Untersucht man ein erkranktes Thier kurz vor oder unmittelbar nach dem Tode, so findet man in dem Blute die vegetativen Stäbchen des Bacillus Anthracis (Fig. 15, *c*). Bei größeren Thieren, wie Rindern, scheint ihre Häufigkeit, den vorhandenen Angaben zufolge, von Fall zu Fall ungleich zu sein. Ich sage scheint, aus nachher anzu-gebenden Gründen. Gefunden werden sie jedoch immer in den Capillaren innerer Organe, mindestens in der Milz. Bei Kaninchen und Mäusen sind sie nach Koch in dem Blute nicht zahlreich; um so mehr in Lymph-drüsen und Milz. Bei den Meerschweinchen, welche ich vorzugsweise untersucht habe, ist die ganze Blutmasse von den Stäbchen durchsetzt; jedes, dem bloßen Auge kaum sichtbare Blutströpfchen, welches man aus einer kleinen Wunde in Ohr, Zehe u. s. w. gewinnt, enthält sie; in den kleinen Gefäßen und Capillaren der Leber, Niere, in der Milz u. s. w. sind sie massenhaft enthalten. Auch einige Zeit nach dem Tode bleibt dasselbe Verhältniss bestehen. Später, wenn die Todten-starre vorüber ist, ändert sich dasselbe oft scheinbar; man kann aus den großen Blutgefäßen, aus dem Herzen des Thieres erhebliche Blut-mengen gewinnen, ohne darin ein Stäbchen zu sehen. Die Stäbchen finden sich aber doch, und zwar in den Fibringerinnseln, in welchen sie oft in Menge eingeschlossen sind, und von welchen man, beiläufig

bemerkt, leicht das sauberste Material für die Cultur des Bacillus gewinnen kann. Es ist wohl möglich, dass Befunde geringer Häufigkeit der Stäbchen in einem Uebersehen der in die Faserstoffgerinnsel eingeschlossenen ihren Grund hatten, wenn das todte Thier nach erfolgter Blutgerinnung untersucht worden war; das ist bei den oben erwähnten Angaben über ungleiche Häufigkeit zu berücksichtigen.

Die Stäbchen sind zuerst, 1850, von Rayer, dann 1855 unabhängig von diesem von Pollender gesehen worden. Die causale Beziehung des Bacillus, welchem sie angehören, zu der Milzbrandkrankheit wurde 1863 von Davaine zuerst bestimmt hervorgehoben und ist, nach mancherlei Widerspruch, derzeit unbestritten. Es ist bestimmt nachgewiesen, dass die Krankheit nur auftritt, wenn der Bacillus in das Blut gelangt ist; und andererseits, dass absichtliche Einbringung desselben in das Blut die charakteristische Infection, Erkrankung zur Folge hat. Die Infection erfolgt sowohl, wenn der Bacillus lebend direct in das Blut gebracht wird durch absichtliche Einimpfung, z. B. in eine Hautwunde, oder von nicht absichtlich angebrachten Wunden aus: Impfmilzbrand, Wundmilzbrand; als auch von der unverletzten Darmschleimhaut aus: Darmmilzbrand. Sie kann geschehen sowohl durch lebende Stäbchen, als auch durch Sporen, welch letztere dann in dem Blute oder im Darm keimen. In beiden Fällen ist es gleichgültig, ob das zur Infection verwendete Material direct von einem kranken Thiere gewonnen ist, oder von einer der nachher zu besprechenden Culturen, in welchen jede Spur eines thierischen Krankheitsproducts fern gehalten ist. Abgestorben, getödtet ist der Bacillus zur Infection untüchtig.

Einmal in die Blutbahn des infectionsfähigen Thieres gelangt, wächst und vermehrt sich der Bacillus in der Stäbchenform und verbreitet sich theils durch sein Wachsthum selbst, theils indem die Stäbchen mit der Blutbewegung fortgeführt werden, in der oben erwähnten Weise. In dem Maße, als dieses geschieht, schreitet die Erkrankung bis zum Tode fort. Eine minimale Menge lebenden Bacillus genügt, um diese Processe hervorzurufen. Ein Meerschwein z. B. stirbt unter den beschriebenen Erscheinungen nach 48 Stunden, wenn ihm eine der Nadelspitze anhaftende, mit der Lupe unsichtbare Quantität Sporen oder Stäbchen durch eine kleine unblutige Stichwunde in die Haut gebracht ist.

Impf- und Wundmilzbrand werden hervorgerufen durch Einbringung sowohl von Sporen als auch von lebenden Stäbchen.

Der Darmmilzbrand kommt dagegen, wie Koch und seine Mitar-

beiter gezeigt haben, thatsächlich nur durch in den Körper gebrachte Sporen zu Stande. In dem natürlichen Verlaufe der Dinge kann der Bacillus auf die Darmschleimhaut nur gelangen vom Munde aus, d. h. wenn er mit der Nahrung verschluckt wird. Er hat dann den Magen zu passiren, und hierdurch werden die Stäbchen, wohl in Folge der Einwirkung des sauren Magensaftes, wirkungslos; ob vollständig getödtet, mag dahingestellt bleiben. Die Sporen dagegen gehen unverändert durch den Magen; in dem Darminhalt finden sie die geeigneten Keimungsbedingungen, und die aus der Keimung erwachsenen Stäbchen findet man in die Darmschleimhaut eingedrungen, vorzugsweise wohl durch die Lymphfollikel und die Peyer'schen Haufen. In der Schleimhaut ist dann durch die Capillargefäße der Weg in die Blutbahn wiederum offen.

Nach den Untersuchungen der genannten Forscher sind Wiederkäuer für diese Darminfection empfänglich. Die Experimente wurden mit Schafen angestellt. Die Erfahrungen an nicht absichtlich inficirten Rindern weisen in Uebereinstimmung mit jenen Experimenten auf die Darmempfänglichkeit auch dieser Thiere hin. Sie ergeben ferner das practisch wichtige Resultat, dass die bei diesen Thieren vorkommenden spontanen, d. h. nicht absichtlich experimentell erzeugten Milzbrandfälle vorwiegend Darmmilzbrand, also durch Aufnahme von Sporen mit dem Futter hervorgerufen sind.

Andere Thiere sind für Darmmilzbrand weniger empfänglich; doch gelangen einige der angestellten Infectionsversuche bei Meerschweinen, Kaninchen und Mäusen; bei Ratten, Hühnern und Tauben blieben alle erfolglos.

Nach diesen Erfahrungen fragt es sich vor allen Dingen, woher kommen die Sporen in ein Thier. Dieselben werden weder in dem lebenden Thiere noch in dem ungeöffneten Cadaver gebildet, hier findet nur vegetative Entwickelung statt. Der Bacillus kann aber, wie schon bei früherer Veranlassung gezeigt wurde, auch außerhalb des Thierkörpers nicht nur keimen und üppig vegetiren, sondern er bildet seine Sporen, unter günstigen Bedingungen sehr reichlich, nur außerhalb des Thierkörpers. Die Bedingungen dieser nicht parasitischen Entwickelung sind die oben für Saprophyten allgemein erörterten. Sauerstoffzutritt ist zur vollkommenen Ausbildung erforderlich; die Optimaltemperatur für die Sporenbildung ist 20—25°; als Nährstoffe können, wie die Versuche lehren, sehr vielerlei organische Körper dienen, nicht nur solche thierischen Ursprungs, Theile des Milzbrandcadavers oder die oft blutigen Ausleerungen der erkrankten Thiere, oder die Fleischextract-

lösung, in welcher früher (S. 10) die Cultur des Bacillus demonstrirt wurde; sondern auch die verschiedensten, nicht allzusauren Pflanzentheile, wie Kartoffeln, Rüben, Samen u. s. w. Auf der feuchten Oberfläche solcher Theile wächst der Bacillus zu massigen Hautüberzügen heran, welche am Ende ihrer Vegetation unzählige Sporen produciren.

Es ist hiernach klar, dass der Milzbrandbacillus in die Kategorie der facultativen Parasiten gehört, wie sie oben (S. 86) charakterisirt wurde. Er ist in erster Linie Saprophyt, denn er vermag als solcher nicht nur seine Existenz zu fristen, sondern bedarf der saprophytischen Lebensweise nothwendig zur Erreichung seiner Entwickelungshöhe, der Sporenbildung. Er hat auf der anderen Seite die Fähigkeit des Parasitismus, wenn er in Form von Stäbchen oder von Sporen in den geeigneten Wirth gelangt, und wirkt alsdann in der beschriebenen Weise als Krankheiterreger.

Die Erscheinungen des Auftretens der Milzbrandkrankheit erklären sich jetzt aus der Lebensweise des Bacillus in den wesentlichen Punkten vollständig, wenn man seine Existenz, in demselben Sinne wie jene irgend einer anderen Thier- oder Pflanzenspecies als gegeben hinnimmt. Die Thatsache, dass der Milzbrand spontan gewöhnlich als Darmmilzbrand auftritt, zeigt, nach dem was wir kennen gelernt haben, dass er, in Sporenform, aus dem saprophytischen Zustand in den parasitischen übertritt und dass der Weg hierfür der nämliche sein muss, wie für das vom Thier aufgenommene Futter. Ausgangsorte für diese Wanderung müssen dann die Productionsorte des Futters sein, Wiesen, Weideplätze u. s. w. Es ist einleuchtend, dass auf den todten organischen Körpern, die sich an diesen Orten immer finden, der Bacillus die Mittel zu seiner Vegetation, in warmer Sommerszeit auch die für seine Sporenbildung nöthige Temperatur findet, dass er, einmal vorhanden, an diesen Orten überwintern (vgl. oben S. 41) und so Jahraus Jahrein zum parasitischen Angriff bereit bleiben kann.

Welches die Gründe sind, warum die einen Gegenden bevorzugte Milzbrandheerde sind, andere nicht, ist schwieriger präcis zu entscheiden. Koch hat dieselben als in den Feuchtigkeits- und Ueberschwemmungsverhältnissen gelegen plausibel gemacht, insofern diese auf Vegetation und Verbreitung des Bacillus von Einfluss sind. Mir fehlen hierfür die nöthigen Materialien zu sicherer Beurtheilung. Aus dem parasitischen Dasein, aus dem Körper des befallenen oder getödteten Thieres braucht nach dem Vorgetragenen der Bacillus gar nicht wieder an den Infectionsorten zur saprophytischen Vegetation zu gelangen, denn der Parasitismus muss von ihm nicht durchgemacht werden, er

kann, wie die Erfahrung bei Cultur lehrt, unbegrenzte Generationen als Saprophyt durchleben. Auf der anderen Seite lehrt aber ebenso sichere Erfahrung, dass er aus dem kranken oder todten Thiere wiederum auf den Weg des Saprophytismus zurückkehren kann. Denn er bleibt in jenem bis lange nach dem Tode lebend und wachsthumsfähig, und er kann thatsächlich wiederum auf den Boden, in saprophytische Bedingungen kommen mit den blutigen Dejecten, welche, den Beschreibungen zufolge, schwer milzbrandkranke größere Thiere von sich geben, mit den in Zersetzung übergehenden Cadavern und ihren Ausflüssen, welche günstiges Nährmaterial für ihn sind.

Der Bacillus kann somit auch als Parasit verschleppt, Orte, an welchen milzbrandkranke Thiere fallen oder ihre Cadaver verscharrt werden, können zu Milzbrandheerden werden, wie die Praxis das längst erfahren hat. Aus denselben Gründen kann eine Localität eventuell auch als Milzbrandgegend dauernd erhalten werden. Auch wenn Viehheerden fern bleiben, so können kleine Thiere, speciell die für Milzbrand so empfänglichen Nager, Einschleppung und Conservation besorgen. Nur ist das alles, wie gesagt, zum Bestehen des Bacillus und der Milzbrandgefahr nicht direct nothwendig, soviel Aufhebens auch über einige hierhin gehörige Verhältnisse gemacht worden ist.

Fügen wir schließlich noch, um diese Betrachtung zu vervollständigen, hinzu, dass der Bacillus und seine Wirkungen nach dem Mitgetheilten selbstverständlich von lebendem Thier zu Thier übertragbar, die Krankheit durch solche Uebertragung ansteckend ist. Natürlich gehört diese Ansteckung in die oben unterschiedene Kategorie des Impf- oder Wundmilzbrands. Sie kann nur mittelst der vegetirenden Stäbchen geschehen, weil in dem lebenden Thiere diese allein vorhanden sind, und die Stäbchen müssen, wie wir sahen, direct ins Blut des lebenden Thieres kommen, um sich weiter entwickeln zu können. Hiermit sind die Bedingungen der Ansteckung für unsere Zwecke hinreichend bezeichnet. Eine wohl etwas übertriebene Bedeutung als Ansteckungsvermittler wird Stechfliegen und Mücken zugeschrieben, insofern dieselben, wenn sie an einem bacillushaltigen Thiere gesogen haben und dann zu gleichem Zwecke ein gesundes stechen, leicht an diesem eine Milzbrandimpfung in des Wortes strenger Bedeutung vollziehen können.

Als Parasit hat der Milzbrandbacillus für die erwähnten Thiere und Fälle krankheiterregende Wirkungen, welche denen eines Giftes einstweilen verglichen, also giftig, virulent genannt werden können.

Diese Virulenz kann abgeschwächt werden, gradweise, bis zur

völligen Unschädlichkeit selbst für die infectionsempfänglichste Versuchsthierspecies, die Hausmaus. Nach Pasteur's Verfahren geschieht dieses, wenn man den Bacillus in neutraler Nährlösung, Fleischbrühe, speciell Hühnerbouillon, unter reichlichem Sauerstoffzutritt, bei 42—43° cultivirt. Toussaint und Chauveau erreichen dasselbe bei höherer Temperatur. Das Ende solcher Cultur besteht in Absterben des Bacillus. Es tritt, nach Pasteur's Angaben, nach etwa 1 Monat ein, wohl auch etwas später. Bis dahin vegetirt der Bacillus, ohne seine morphologischen Eigenschaften zu ändern, außer dass die Sporenbildung bis zum gänzlichen Ausbleiben verhindert wird; dass sie immer ausbleibt, wird von Koch, Gaffky und Löffler auf Grund directer Beobachtung bestritten. Bevor die Tödtung eingetreten ist, kann sich der Bacillus in neuen Culturen jederzeit normal weiter entwickeln, auch bei geeigneter Temperatur wiederum normale Sporen bilden. Geht die Temperaturerhöhung weiter, so erfolgt völlige Abschwächung in kürzerer Zeit: bei 45° sind dafür wenige Tage, bei 47° einige Stunden, bei 50—53° Minuten erforderlich. Zwischen 42 und 43° ist nach den drei Berliner Beobachtern eine erhebliche Differenz in der zur gänzlichen Abschwächung erforderlichen Zeit nach den Zehntelsgrade betragenden Temperaturunterschieden zu bemerken, im Sinne der Beschleunigung durch Temperaturerhöhung.

Cultivirt man nun zwischen 42 und 43°, so erhält man Material, welches successive unschädlich wird für die Thierspecies in der Reihenfolge ihrer durchschnittlichen Infectionsempfänglichkeit, also z. B. zuerst für Kaninchen, später auch für Meerschweinchen, zuletzt auch für die Hausmaus. Nach individueller Empfindlichkeit, Lebensalter u. s. f. finden, wie zu erwarten, Schwankungen statt.

Es wurde schon gesagt, dass die Bacillen, nach der Virulenz-Abschwächung jeden Grades vor dem Tödtungstermin zu weiterer Vegetation fähig sind. Unter den Optimalbedingungen cultivirt wachsen sie in normaler Gestaltung und bilden normale Sporen, die successiven Generationen behalten dabei aber nichtsdestoweniger, auch aus Sporen erzogen, in der Regel denselben Grad der Abschwächung bei, welchen die Anfangsgeneration hatte; die einen tödten also z. B. Mäuse und sind für Meerschweinchen unschädlich, andere lassen auch die Hausmaus gesund. Culturen der letzteren Qualität sind von Koch, Gaffky und Löffler zwei Jahre fortgesetzt worden, ohne dass eine Veränderung, eine Rückkehr zur Virulenz eintrat.

Anders verhalten sich die bei höheren, 47—50° und mehr be-

tragenden Temperaturen rasch abgeschwächten Bacillen; sie erlangen in optimalen Culturen die Virulenz bald wieder.

Rückkehr von dem abgeschwächten zu dem virulenten Zustande ist jedoch auch bei den langsam abgeschwächten Formen nicht ganz ausgeschlossen. Pasteur sagt, wenn man Material, welches erwachsene Meerschweinchen nicht, wohl aber ganz junge, ersttägige tödtet, von einem solchen auf successive ältere verimpft, so wird schließlich die Virulenz erreicht, der auch die alten Thiere erliegen. Koch und seine Mitarbeiter haben in ihren Versuchen diese Angaben nicht bestätigt gefunden, und wenn die Anordnung jener von der Pasteur'schen auch etwas abweicht, so geht aus denselben doch hervor, dass die Gesetzmäßigkeit, welche man nach Pasteur's Angaben vermuthen könnte, hier nicht herrscht. Auf der anderen Seite haben die genannten Autoren in einzelnen, unter einander wenig ähnlichen Fällen allerdings Rückkehr zu höherer Virulenz mit Bestimmtheit constatirt.

Sie haben endlich auch constatirt, dass umgekehrt Fälle vorkommen, in welchen die Virulenz einer Cultur spontan, d. h. ohne nachgewiesene äußere Ursache, plötzlich sinkt: aus Sporen von Material, welches Kaninchen und Meerschweine tödtete, wurde 8 Wochen später eine Generation erzogen, welche diese Thiere unversehrt ließ, wohl aber Mäuse noch tödtete. In die gleiche Kategorie von Erscheinungen dürfte eine jüngst von Prazmowski mitgetheilte Beobachtung gehören, derzufolge Milzbrandbacillus bei Reincultur in Nährlösung ohne nachgewiesene Ursache seine Virulenz vollständig verlor. Ich habe selbst ähnliches oder das Gleiche gesehen. Auf Buchner's hierher zu beziehende Untersuchung kommen wir nachher zu reden.

Ich habe vorhin von Gleichbleiben der Gestaltung bei den virulenten und abgeschwächten Formen gesprochen. In den Haupterscheinungen findet das immer statt, einzelne Gestaltungsmodificationen sind jedoch beobachtet. So geben Koch und seine Mitarbeiter an, dass nur noch Mäuse tödtende Bacillus die Capillaren, namentlich der Lungen, erfüllt in Form langer Fäden, deren Continuität sich häufig aus den Capillaren bis in größere mikroskopische Gefäße verfolgen lässt, während der virulente Milzbrand in den Capillaren gewöhnlich in Form kurzer Stäbchen enthalten ist.

In der Prazmowski'schen Erscheinung tritt die Verschiedenheit von der virulenten Form ein, dass die Stäbchen Generationen hindurch beweglich sind, wenn auch z. B. im Vergleich mit dem Heubacillus träge, schleppend; und dass sie nicht nur Flocken am Boden der klar darüber stehenden Nährlösung bilden, sondern in dieser auf-

steigen, sie trüben und an der Oberfläche »dickliche, schmutzig weiße Decken von schleimiger Beschaffenheit bilden«. Gerade diese Erscheinung habe ich in Fleischextractlösungen auch beobachtet; die Stäbchen waren dabei auch noch zur Zeit der Sporenbildung weit weniger zu langen Fäden vereinigt, wie bei der virulenten Form, und in den Decken an der Oberfläche nach allen Richtungen dicht und unregelmäßig durcheinander geschoben und verfilzt; eine Gruppirung, welche von der des gewöhnlichen Bacillus so verschieden aussieht, dass sie den Gedanken nahe legt, es handele sich um eine dem B. Anthracis zwar ähnliche, aber doch specifisch verschiedene Form, welche denselben in der Nährlösung nicht hat aufkommen lassen; etwa den des Koch'schen malignen Oedems. Die Unschädlichkeit, auch für kleine Nagér, spricht jedoch gegen diese Annahme.

Unverkennbar die gleiche Erscheinung hat Buchner beobachtet, indem er den Milzbrand-Bacillus in Nährlösungen (1 % Fleischextract mit oder ohne Zusatz von Zucker und Pepton) bei 35—37° durch wiederholte Generationen züchtete und die Culturen, in der Absicht möglichst reicher Sauerstoffzufuhr, in einem Schüttelapparat in fortdauernder Bewegung erhielt. Allmählich nahm sein Culturproduct die Eigenschaften der Prazmowski'schen Modification an. Da diese, durch ihre Nichtvirulenz, die Deckenbildung und die Eigenbewegung der Stäbchen dem Heubacillus, B. subtilis, ähnlicher ist, als die virulente Form, so behauptete er, es habe sich eine Umzüchtung des virulenten B. Anthracis in den nicht virulenten B. subtilis vollzogen, und erregte damit viel Aufsehen, weil nunmehr scheinbar ein evidenter Fall vorlag von Umwandlung einer für distinct gehaltenen Species in eine andere. Den Beweis dafür ist er aber bis heute schuldig geblieben. B. Anthracis zeigt, soweit bekannt, auch in seinen unschädlichen Zuständen scharfe morphologische Unterschiede von B. subtilis, zumal in dem für letztere so charakteristischen Keimungsprocess der Sporen. Darauf hätte wenigstens geachtet werden müssen; statt dessen wurde die Keimung des B. subtilis überhaupt nicht berücksichtigt. Allerdings schlug Buchner auch den umgekehrten Weg ein, indem er unschädlichen B. subtilis in virulenten B. Anthracis umzuzüchten versuchte durch Cultur successiver Generationen in verschiedenen, hier nicht einzeln aufzuzählenden Eiweißlösungen. Die erhaltenen Resultate waren aber größtentheils bestimmt negative, und die vereinzelten für positiv angegebenen lassen, auch wenn man auf dem strengen morphologischen Nachweis nicht besteht, so viele Einwendungen zu, dass sie für ganz unsicher gelten müssen. Jener morphologische Nachweis ist aber auch hier

verabsäumt worden. Möglich wäre es ja, dass der gewöhnlich nicht virulente B. subtilis zur ausnahmsweisen Virulenz herangezüchtet werden könnte. Seine Speciesqualität wäre hiernach ebensowenig in Frage gestellt, wie jene des B. Anthracis durch die Abschwächungen; und dass dieser der gewöhnliche Erreger der Milzbrandkrankheit ist, auch nicht.

Auf Grund anderweiter Erfahrungen, von denen später noch die Rede sein wird, haben Pasteur und Toussaint mit Erfolg versucht, abgeschwächten Milzbrandbacillus zu benutzen für Schutzimpfungen gegen virulenten Bacillus. Impft man ein Thier mit dem für dasselbe, d. h. die Species, bis zu gewissem Grade abgeschwächten Bacillus, so erkrankt es nicht oder leicht und übersteht die Krankheit. Es widersteht dann der Infection mit minder abgeschwächtem Bacillus und bei der nächsten Impfung auch demjenigen, welcher den höchsten Grad der Virulenz besitzt. Die Sicherheit solcher Erfolge und, damit im Zusammenhang, ganz besonders ihre Bedeutung für die Praxis des Thierzüchters wird zwar von verschiedenen Seiten sehr verschieden hoch geschätzt; zumal Koch und seine Mitarbeiter haben sehr wohlbegründete Bedenken gegen die Lobpreisungen der Pasteur'schen Schule vorgetragen. Auf diese Fragen der Praxis können wir hier nicht näher eingehen. Die Thatsache des häufigen Erfolgs der Schutzimpfung steht aber fest, sie wird auch von den Gegnern der Ueberschätzung ihrer practischen Wichtigkeit reichlich bestätigt. Wir haben sie daher als eine Erscheinung von hohem wissenschaftlichen Interesse zu merken.

Nachdem wir nun alle diese Erscheinungen von dem Bacillus Anthracis und der durch ihn verursachten Milzbrandkrankheit kennen gelernt haben, stellen sich uns die Fragen, wie kommt die krankheiterregende Wirkung des virulenten Bacillus zu Stande; wie kann man die Abschwächung der Virulenz und wie die zuletzt besprochene Wirkung der Schutzimpfung erklären?

Nach dem gegenwärtigen Stande der Kenntnisse kommen wir mit der Beantwortung wohl am besten vorwärts, wenn wir mit der letzten Frage beginnen. Um ja nicht missverstanden zu werden, will ich aber ausdrücklichst vorausschicken, dass es sich für diese Frage sowohl wie für die anderen gegenwärtig nur um Versuche der Beantwortung handeln kann, welche ihre Bestätigung oder Berichtigung von späteren Untersuchungen abwarten müssen.

Wir beginnen also mit der Frage nach der Erklärung der Schutzimpfung und können dieselbe etwas anders formuliren und erweitern,

wenn wir fragen, wodurch ist oder wird ein Thier unempfänglich, immun, für die Angriffe des krankmachenden Parasiten. Metschnikoff hat neuerdings Untersuchungen veröffentlicht, welche uns, wenn sie sich bestätigen, dem Verständniss der Erscheinung einen Schritt näher bringen. Ich berichte sie, weil sie glaubwürdig erscheinen; Nachuntersuchung war mir noch nicht möglich.

Es ist bekannt, dass in dem Blut der Wirbelthiere, in dem flüssigen Blutplasma suspendirt sind die rothen Blutkörperchen und außer ihnen, in erheblich geringerer Menge, farblose oder weiße Blutkörperchen oder Blutzellen. Niederen Thieren fehlen die rothen Blutkörper, die farblosen Blutzellen kommen ihnen allein zu. Letztere sind ungefärbte, kernführende Protoplasmakörper. Von ihren mancherlei bemerkenswerthen Eigenthümlichkeiten interessirt uns hier zunächst die, dass sie, gleich vielen anderen Protoplasmakörpern ähnlichen Baues während des Lebens stete Gestaltveränderungen ihres weich schleimigen Leibes zeigen, welche als wechselnd wellenförmige Bewegung ihres Umrisses, wechselndes Austreiben und Wiederzurückfließen von Fortsätzen erscheint (vgl. Fig. 17). Mit dieser, wie man sagt, amöboiden Beweglichkeit ist weiter verbunden das Vermögen, kleine feste Körper oder Fetttröpfchen u. dergl. in die weiche Körpersubstanz aufzunehmen, zu verschlucken. Kommt der fremde Körper in Berührung mit der Oberfläche der amöboiden Zelle, so treibt diese Fortsätze an ihm empor, welche ihn umfassen und allmählich über ihm zusammenfließen, wie die Wogen über dem Ertrinkenden, so dass der Fremdkörper ins Innere der weichen Zellsubstanz zu liegen kommt. Er kann später wieder ausgestoßen werden, kann aber auch im Innern der Amöboidzelle Zersetzungen erfahren, getödtet werden, schwinden.

In Anschluss an solche bekannte Thatsachen, und ferner an die Beobachtung, dass bei einer von ihm untersuchten Erkrankung kleiner Crustaceen durch einen eigenthümlichen, eingedrungenen Sprosspilz die Zellen dieses von den farblosen Blutzellen des Thiers verschluckt und in demselben zersetzt werden, dass, so zu sagen, ein Kampf stattfindet zwischen dem parasitischen Pilze und den Amöboidzellen des Thieres, untersuchte Metschnikoff das Verhalten der farblosen Blutzellen von Wirbelthieren zu dem Milzbrandbacillus. Er fand, dass die virulenten Stäbchen, wenn sie einem milzbrandempfänglichen Thiere (Nager) eingeimpft sind, nur ausnahmsweise von Blutzellen eingeschluckt werden. Von den Blutzellen immuner Thiere, wie Frösche, Eidechsen, bei nicht künstlich erhöhter Temperatur werden sie reichlich verschluckt (Fig. 17) und gehen dann im Innern jener zu Grunde.

Das gleiche tritt ein, wenn man zur Unschädlichkeit abgeschwächten Bacillus Anthracis milzbrandempfänglichen Thieren eingeimpft hat. Chauveau hatte schon früher angegeben, dass die abgeschwächten Bacillen bis in Lunge und Leber des Thieres gelangen und dann verschwinden. Nach allen diesen Daten muss man mit Metschnikoff annehmen, dass der Bacillus unschädlich ist, weil er von den Blutzellen aufgenommen und zerstört wird, und schädlich, weil dieses nicht stattfindet; oder wenigstens, dass die Unschädlichkeit eintritt, wenn die Zerstörung durch die Blutzellen rascher und ausgiebiger geschieht, als Wachsthum und Vermehrung des Bacillus und umgekehrt.

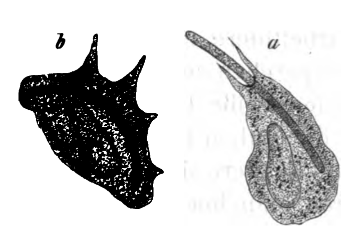


Fig. 17.

Wenn diese Vorstellungen richtig sind, und es ist ein sonst virulenter Bacillus nach einer Schutzimpfung unschädlich und ohne diese nicht, so muss consequenter Weise weiter angenommen werden, dass die Schutzimpfung den Effect gehabt hat, den Blutzellen für die Aufnahme und Zerstörung der virulenten Bacillen die vorher nicht vorhandene Befähigung zu geben. Bestimmte Untersuchungen hierüber liegen allerdings nicht vor; allein es ist, wiederum mit Zugrundelegung obiger Vorstellungen, kaum eine andere Annahme möglich, als dass die geschehene Aufnahme von minder virulenten Bacillen die Blutzellen eines Thieres successive befähigt zur Aufnahme und Zerstörung virulenterer, welche ohne solche Vorbereitung nicht aufgenommen worden wären.

Immunität und Infectionsempfänglichkeit eines Thieres für den krankmachenden Parasiten, welcher in das Blut gelangt ist, würden hiernach abhängen von der Reaction der Blutzellen gegen jenen; und die Reactionsfähigkeit der letzteren würde verändert werden können durch die successive Gewöhnung gleichsam an successiv virulentere Individuen derselben. Eine theilweise Erklärung der Wirksamkeit von Schutzimpfungen mit Material von aufsteigender Virulenz wäre hierdurch gewonnen.

Es fragt sich aber nun weiter, warum werden die virulenten Ba-

Fig. 17. *a* Blutzelle eines Frosches, im Begriffe, ein Stäbchen von Bac. Anthracis zu verschlucken; lebend, in einem Tropfen Humor aqueus beobachtet. *b* dieselbe, einige Minuten später; die Gestalt ist verändert, der Bacillus völlig eingeschluckt. Starke Vergrößerung; nach Metschnikoff copirt.

cillen von den Blutzellen eines unvorbereiteten Thieres so gut wie nicht aufgenommen und die abgeschwächten mit Leichtigkeit? Da wir auch in den extrem verschiedenen Fällen morphologische oder anatomische Unterschiede der jedesmal concurrirenden Theile nicht finden, so bleibt nichts übrig, als die Annahme, dass in stofflichen Differenzen, Unterschieden des chemischen Verhaltens der Concurrenten der Grund des verschiedenen Verhaltens liegt. Und da es sich handelt einerseits um Theile des in seinen Gesammteigenschaften für unsere Wahrnehmung nicht wesentlich veränderten Thieres, andererseits um den bei der Abschwächung in seinen gerade hier in Betracht kommenden Eigenschaften wesentlich veränderten Bacillus, so müssen die Aenderungen der chemischen Eigenschaften der Hauptsache nach auf Seiten des Bacillus liegen. Auch die Erscheinungen der Schutzimpfung, der Gewöhnung, wie wir sagten, der Blutzellen an die Aufnahme successiv virulenterer Bacillen stehen damit nicht in Widerspruch. Vielmehr kennen wir von amöboiden, feste Körper aufnehmenden anderen Protoplasmakörpern, z. B. den Myxomycetenplasmodien, Erscheinungen der Angewöhnung an die Berührung mit und wahrscheinlich auch an die Aufnahme von Körpern bestimmter chemischer Eigenschaften, von welchen sie sich im Anfange der Berührung energisch zurückziehen; und es ist auch ohne sonstige Argumente aller Grund vorhanden, für die Blutzellen die gleiche Befähigung anzunehmen, weil sie mit jenen anderen in allen übrigen hier in Betracht kommenden Eigenschaften übereinstimmen.

Welcher Art die chemischen Differenzen zwischen virulenten und abgeschwächten Bacillen sind, darüber können präcise Angaben derzeit nicht gemacht werden, und was darüber zu sagen ist, soll nachher erwähnt werden. Die nächste Ursache der Abschwächung ist, bei dem Pasteur'schen Verfahren, wohl nicht in der Sauerstoffwirkung, sondern in der erhöhten Temperatur zu suchen; das haben Chauveau und Koch und seine Mitarbeiter überzeugend dargethan, indem sie darauf hinweisen, wie, caeteris paribus, Grad und Dauerhaftigkeit der Abschwächung sowohl wie die zu ihrer Erreichung erforderliche Zeit direct abhängig sind von der Temperatur, selbst von kleinen Schwankungen derselben. Ueber die Ursachen der auf anderem Wege als durch das Pasteur'sche Verfahren erreichten Abschwächungen und der eventuellen Rückkehr zur Virulenz sind wir zur Zeit völlig im Ungewissen.

Gehen wir nun schließlich zu der Frage über, wie die krankheiterregende Wirkung des Parasiten zu Stande kommt, so ist eine ent-

scheidende Beantwortung derselben allerdings nicht möglich. Bestimmte Thatsachen aber und Analogien führen zu einer an der oberen Grenze der Wahrscheinlichkeit liegenden Vorstellung darüber. Die erste Thatsache ist die Erscheinung des Milzbrandkarbunkels bei Impf- oder Wundmilzbrand am Menschen. An dem Orte, wo die Infection stattgefunden hat, entsteht hier zuerst eine heftige locale entzündliche Hauterkrankung, zu welcher erst 1—2 Tage später Allgemeinerscheinungen hinzukommen. Dieselbe ist von anderen heftigen Hautentzündungen specifisch verschieden, so wie die durch ein bestimmtes eigenartig wirkendes Gift hervorgerufenen Localerscheinungen verschieden sind von anderen, welche die Wirkung eines anderen Giftes oder anderer Ursachen sind. Hierdurch ist, wie mir scheint, die von mancher Seite geäußerte Annahme ausgeschlossen, der Bacillus wirke als Krankheitserreger durch einfach mechanische Störungen, oder lediglich dadurch, dass er dem lebenden Blute, in welchem er vegetirt, den Sauerstoff entzieht; vielmehr wird die Annahme äußerst wahrscheinlich, die Wirkung des Bacillus sei eine eigenartige, specifische Giftwirkung. Ist das zugegeben, so muss weiter das Gift aus dem Bacillus herauskommen, ausgeschieden werden, denn es könnte nicht wirken, wenn es darin bliebe. In Uebereinstimmung hiermit steht die Metschnikoff'sche Beobachtung, dass nicht virulenter Bacillus von den Blutzellen leicht, virulenter von den nämlichen so gut wie nicht aufgenommen wird. An den virulenten muss etwas sein, und zwar, wie oben wahrscheinlich gemacht wurde, ein Etwas von bestimmten chemischen Eigenschaften, was an den anderen nicht ist; und zwar muss es außerhalb, wenigstens auch an der Oberfläche des Bacilluskörpers sein, denn wenn es nur im Innern desselben wäre, könnten die Blutzellen bei der Berührung nicht darauf reagiren.

Ueber die Natur des hiernach anzunehmenden, von dem Bacillus abgesonderten Giftes wissen wir nichts näheres. Versuche, es zu isoliren, sind bisher durchaus erfolglos geblieben. Trennt man den im Milzbrandblute enthaltenen Bacillus von der Blutflüssigkeit, was möglich ist mittelst Filtration durch Thonzellen, so erzeugt Injection der Flüssigkeit keinen Milzbrand. In diesen negativen Resultaten liegt die Lücke unserer vorstehenden Argumentation. Halten wir unsere Annahme dennoch aufrecht, so folgt weiter, dass das Gift in sehr geringer absoluter Menge abgesondert wird und wirksam ist; oder nur, dass es außerhalb des lebenden Blutes rasch zersetzt und unwirksam wird; oder beides.

Was die Analogien betrifft, welche zur Unterstützung der vor-

getragenen Annahme von Giftabscheidung und Giftwirkung heranzuziehen sind, so bestehen dieselben theils in der Thatsache, dass Körper, welche in kleinster Menge heftige Giftwirkung äußern, die Leichengifte, Ptomaine, von anderen Bacterien producirt werden — freilich aber aus todter organischer Substanz; anderntheils aber und hauptsächlich in den Beobachtungen Pasteur's bei der Hühnercholera, einer dem Milzbrand ganz analog verlaufenden, durch ein parasitisches Bacterium verursachten Erkrankung, von welcher wir alsbald reden werden.

Vorher nur noch einmal ein Wort über die Abschwächung der Virulenz. Wenn wir uns vorstellen, dass der Bacillus Anthracis eine distincte Species ist, so erscheint es, nach den gewöhnlichen Erfahrungen, in hohem Grade auffallend, dass dieselbe das eine Mal giftig wirkt, das andere Mal nicht. Analoge Erscheinungen sind jedoch nicht selten. Es mag hier nur an das, wenn ich nicht irre von Nägeli zuerst in diesem Zusammenhang hervorgehobene Beispiel von der süßen und bittern Mandel erinnert werden. Letztere ist (in Folge des Amygdalingehalts) giftig, wenn auch nicht schlimm für den Menschen; die süße enthält kein Amygdalin und ist nicht giftig. Der süße Mandelbaum ist von dem bittern specifisch nicht verschieden; aus dem süßen Samen kann ein Baum mit bittern Samen erwachsen; bittere und süße Kerne können sogar von einem und demselben Baume erzeugt werden, in morphologisch nicht von einander unterscheidbaren Blüthen und Früchten. Woher das alles kommt, welches die Ursachen sind, davon hat man keine Ahnung. Zur wirklichen Erklärung der uns beschäftigenden Erscheinung kann daher das Beispiel auch nicht dienen. Es soll nur zeigen, dass wir auch hier nicht zu thun haben mit einer ausschließlich Bacterien oder einem Bacterium zukommenden Besonderheit, sondern wiederum mit einem Specialfall einer weit verbreiteten Erscheinungsreihe.

Cholera oder Pest der Hühner (58) wird eine Krankheit genannt, welche das Hausgeflügel befällt, und in den Erscheinungen, welche uns hier interessiren, dem Milzbrand analoges Verhalten zeigt. Beim Huhne tritt sie, nach den Untersuchungen Pasteur's, auf in einer acuten und in einer chronischen Form. Charakteristische Symptome für erstere sind ein tiefer Betäubungszustand, Sopor; das Thier sitzt mit geschlossenen Augen, gesträubten Federn bewegungs- und theilnahmslos da; sodann Diarrhöen, die in Entzündung und Ulcerationen des Darms ihren Grund haben. Die Section weist weiter Abscesse in verschiedenen Organen, speckige Entartung der Muskeln u. a. nach.

Der Zustand endet nach 2—21 Tagen meist mit dem Tode; Genesung ist selten. Die chronische Form zeigt die gleichen Symptome minder heftig, in bestimmten Fällen nur locale Abscesse; ihre Dauer kann sich über viele Wochen erstrecken, Genesung öfter eintreten.

Die Section weist in den kranken oder an der Krankheit gestorbenen Thieren im Blute, in den Abscessen, auch auf der Darmschleimhaut, also eigentlich überall große Quantitäten eines kleinen rundzelligen (Micrococcus) oder kurz stabförmigen Bacteriums nach, von dessen morphologischen Charakteren bekannt ist, dass es sich durch Zweitheilung vermehrt und keine locomotorische Beweglichkeit hat. Endogene Sporen sind auch nicht beobachtet. Mehr ist aus den mir bekannten Beschreibungen nicht zu entnehmen und zu eigener Anschauung hat mir bis jetzt die Gelegenheit gefehlt.

Der Hühnermicrococcus kann außerhalb des lebenden Thieres cultivirt werden; mit sehr üppiger Entwickelung in neutralisirter Hühnerfleischbrühe; in anderen Nährlösungen, nach Pasteur, minder gut oder gar nicht. Sauerstoffzutritt ist für seine Vegetation nothwendig. Er bleibt in der Culturflüssigkeit, nach Ablauf der Vegetation und Erschöpfung der Nährlösung zu Boden sinkend, bei Luftzutritt etwa 8 Monate, bei Luftabschluss (in zugeschmolzenem Kolben) länger lebendig und fähig, in geeignetem Nährboden neu zu vegetiren.

Frisch aus dem kranken oder todten Thiere, oder aus dessen Excrementen, oder aus einer von kranken Thiertheilen absolut freien künstlichen Cultur entnommen und einem gesunden Thiere beigebracht, ruft eine minimalste Quantität des Micrococcus unter entsprechendem Wachsthum und Vermehrung wiederum die Krankheit hervor. Die Infection findet statt sowohl durch Impfung in oder unter die Haut, als auch durch Einführung in den Digestionskanal mit der aufgenommenen Nahrung. Außer dem Geflügel konnte Pasteur durch Impfung die Krankheit auch auf Säugethiere übertragen; und zwar auf Kaninchen mit tödtlichem Ausgang, auf Meerschweinchen nur mit Bildung von Abscessen an dem Impforte, welche Abscesse den Micrococcus reichlich enthielten, aber immer begrenzt blieben und ausheilten.

Das Gesagte genügt um zu zeigen, dass es sich hier wie bei dem Milzbrandbacillus um einen specifisch krankheiterregenden facultativen Parasiten handelt, dessen Lebensgeschichte und Lebenseinrichtungen, zumal mit Rücksicht auf ihre saprophytischen Abschnitte, allerdings nicht so klar vorliegen wie für jenen.

Pasteur fand weiter, dass die Infectionstüchtigkeit des Hühner-micrococcus mit längerer Aufbewahrung bei ungehindertem Luftzutritt vermindert wird; die Zahl der gelingenden Impfungen und die Intensität der Erkrankung bei denselben nimmt mit dem Alter des angewendeten Impfmaterials ab. Die vorhin erwähnten Fälle leichterer und mit Genesung endigender Erkrankungen sind vorzugsweise Impffälle der in Rede stehenden Kategorie. Es findet also, mit anderen, oben gebrauchten Worten, mit dem Alter eine Abschwächung der Infectionstüchtigkeit oder Virulenz des Micrococcus statt.

Genesene Individuen erwiesen sich nun — in der Regel, nicht immer — gegen neue virulente Infectionen unempfänglich, immun, und hierauf gründete Pasteur die Indicationen und das Verfahren der Schutzimpfung, welches er dann auf den Milzbrand ausdehnte.

Wurde aus einer frischen Bouilloncultur die Flüssigkeit von dem Micrococcus abfiltrirt, was durch Papierfilter nicht gelingt, da Bacterien durch diese immer mit hindurchgehen, was dagegen möglich ist mittelst Filtration durch Thonzellen, so war die Flüssigkeit nicht im Stande, die Krankheit vollständig hervorzurufen, selbst dann nicht, als die gesammten in 120 Gramm Culturflüssigkeit enthaltenen gelösten Bestandtheile einem Thier in das Blut injicirt wurden. Wohl aber trat ein charakteristisches Symptom der Krankheit hervor, der Sopor. Die Thiere werden nach der Infection schläfrig, wie betäubt, ein Zustand, welcher etwa 4 Stunden dauert und dann normalem Wohlbefinden weicht.

Diese Beobachtung zeigt, dass hier in der That ein von dem Bacterium trennbares, narcotisch wirkendes Gift abgesondert wird, und hierdurch ist die Hühnercholera für die Beurtheilung der krankheiterregenden Wirkungen solcher Parasiten besonders lehrreich. Dass die Wirkung des Giftes in diesen Versuchen eine relativ geringfügige und rasch vorübergehende ist, lässt sich erklären aus seiner geringen in der Flüssigkeit enthaltenen Menge und daraus, dass es wie andere Gifte entweder im inficirten Organismus zersetzt, oder auf den Wegen der normalen Secretion aus diesem entfernt werden wird. Ist der gifterzeugende Organismus selbst in dem Thiere vorhanden, dann steht, auch abgesehen von den wahrscheinlich günstigeren Bedingungen für die Production des Giftes, die Sache anders. Während dasselbe vom Thiere vielleicht auch stets zersetzt oder auf den normalen Secretionswegen ausgeschieden wird, dauert seine Production durch den Parasiten fort, das ausgeschiedene wird ersetzt, die Symptome der Krankheit müssen dauernder, heftiger, und können dann schließlich auch complicirter

werden. Weitere Complicationen durch mehr mechanische Wirkung des vorhandenen Parasiten sind dabei selbstverständlich nicht ausgeschlossen.

XIII.

Ursächliche Beziehungen parasitischer Bacterien zu den Infectionskrankheiten der Warmblüter überhaupt. — Einleitung. — Rückfallfieber. — Tuberculose. — Gonorrhoe. — Wundinfectionskrankheiten. — Erysipele. — Trachom. — Pneumonie. — Lepra. — Thierseuchen. — Malaria. — Abdominaltyphus. Diphtherie. — Cholera. — Infectionskrankheiten, für welche der Nachweis des Contagium vivum fehlt.

1. Den beiden Beispielen krankmachender facultativer Parasiten möchte ich wohl eins von einem streng obligaten hinzufügen, finde aber keines, welches mit genügender Vollständigkeit bekannt wäre, um es zu eingehenderer Darstellung geeignet erscheinen zu lassen. Was sich davon anführen lässt, sei daher in der folgenden Uebersicht angegeben.

Dieselbe soll kurz das Wichtigste zusammenfassen, was man derzeit weiß von der Bedeutung der Bacterien als Erreger von Infectionskrankheiten bei den Warmblütern, insbesondere dem Menschen. (59)

Unter dem Namen Infectionskrankheiten fasst man solche Krankheiten zusammen, welche nur entstehen entweder durch Uebertragung von einer an der jeweiligen Krankheit erkrankten Person auf eine andere, oder deren Entstehung auf Orte bestimmter Qualität beschränkt ist. Erstere nennt man contagiöse, ansteckende; Scharlach, Masern, Pocken sind bekannte Beispiele dafür. Letztere, für welche das Wechselfieber das bekannteste Beispiel ist, heißen miasmatische. Combiniren sich beide Verhältnisse, so kann man von miasmatisch-contagiösen reden, und zwar in zweierlei Sinn: entweder dass eine Krankheit erworben werden kann an bestimmten Orten oder auch durch Ansteckung von Person zu Person, unabhängig von der miasmatisch qualificirten Oertlichkeit; oder aber, dass eine Krankheit zwar contagiös ist, aber nur unter der Voraussetzung vorhandener miasma-

tischer Infection der anzusteckenden Person. Hinzugefügt muss eigentlich noch werden, dass man bis vor kurzem von Infectionskrankheit nur dann redete, wenn das Ding, durch welches die Infection erfolgt, das Contagium oder das Miasma nicht näher bekannt waren. Erfolgte die Erzeugung einer Krankheit durch bekannte von Person zu Person übertragbare oder nur an bestimmt qualificirten Orten zu erwerbende Parasiten, z. B. manche Läuse oder Entozoen, so war nicht von infectiösen, sondern von parasitären Krankheiten die Rede.

Ueber die allgemeinen Qualitäten der jeweils unbekannten, unsichtbaren Contagien und Miasmen bestanden selbstverständlich Vorstellungen und zwar nahm man aus gutem Grunde an, es seien bestimmte Stoffe, Infections-, Ansteckungsstoffe, in feinster Vertheilung und minimalster Quantität wirksam.

Die Eigenschaften lebender Wesen wurden den Infectionsstoffen oder Contagien, wie wir dafür jetzt allgemein sagen wollen, von Manchen längst zugesprochen; anfangs, in den Zeiten, aus welchen die Namen Contagium vivum oder animatum stammen, in wenig klarer und präciser Weise. Einen präcisen Sinn erhielt das überkommene Wort Contagium vivum 1840 durch Henle, der in seinen »Pathologischen Untersuchungen« klar und scharf entwickelte, dass und warum man die bis dahin unsichtbaren Contagien für lebende Organismen zu halten habe. Seine Argumentation resumirt sich heutigen Tages in Kürze etwa folgendermaßen. Die Contagien haben die nur von Lebewesen bekannte Eigenschaft, unter geeigneten Bedingungen zu wachsen, sich zu vermehren auf Kosten anderer als ihrer eigenen Substanz, jene Substanz also zu assimiliren. Die jedenfalls minimale Menge Contagium, welche Einen bei flüchtigem Besuch eines Patienten inficirt, kann sich im Körper des Angesteckten ungeheuer vermehren, denn dieser vermag eine unbegrenzte Zahl empfänglicher Gesunder wiederum anzustecken, also wenigstens die gleiche Minimalmenge Contagium, welche er selbst empfangen hat, unbegrenzt viele Male wieder abzugeben. Wenn man aber den Contagien die charakteristischen Eigenschaften von Lebewesen zuerkennen muss, so liegt kein Grund vor, sie nicht auch für wirkliche Lebewesen, also für Parasiten zu halten. Denn der einzige allgemeine Unterschied zwischen ihrem und der letzteren Auftreten und Wirkung besteht darin, dass man die bekannten Parasiten gesehen hat und die Contagiumparasiten nicht. Dass letzteres in der Mangelhaftigkeit der Untersuchung liegen kann, dafür bestanden schon 1840 die Erfahrungen über die Krätze, deren fast makroskopisches Contagium, die Krätzmilbe, lange wenigstens verkannt worden war. Es war ferner kurz vorher das

8*

Achorion, der mikroskopische Pilz, welcher den Favus verursacht; es war der Pilz, der die als Muscardine bekannte Infectionskrankheit der Seidenraupen hervorruft, unerwarteter Weise entdeckt worden. Nebst anderen analogen Erscheinungen kam später, in den fünfziger Jahren, die Entdeckung der Trichinen als ein ganz eclatanter Fall von lange übersehenen Contagiumparasiten hinzu. Henle wiederholte seine Darlegungen in der »Rationellen Pathologie«, 1853, fand aber damit, aus Gründen, die wir hier nicht zu untersuchen haben, auf dem Gebiete der thierischen Pathologie zunächst wenig Beachtung und Anklang.

Es war vielmehr das Gebiet der Pflanzenpathologie, auf welcher Henle's Ansichten zunächst weiter entwickelt werden und festeren Fuß fassen sollten. Freilich wussten die mit den Pflanzenkrankheiten beschäftigten Botaniker von Henle's pathologischen Arbeiten nichts, sie gingen selbständig vor, anknüpfend an einige höchst ausgezeichnete Anfänge aus dem Beginn des Jahrhunderts. Aber thatsächlich kamen sie auf die von Henle vorgezeichnete Bahn und seit etwa dem Jahre 1850 sind in stetem Fortschritte nicht nur alle infectiösen Pflanzenkrankheiten auf Parasiten als ihre Erreger zurückgeführt, sondern die meisten Pflanzenkrankheiten überhaupt als parasitäre Infectionskrankheiten nachgewiesen. Man kann jetzt allerdings sagen, die Arbeit auf diesem Gebiete war relativ leicht, theils wegen des der Untersuchung relativ leicht zugänglichen Baues der Pflanzen, theils weil die meisten Parasiten, um welche es sich handelt, eigentliche Pilze und erheblich größer sind als die meisten Contagien des Thierkörpers.

Theils in mehr oder minder bewusstem Anschluss an diese botanischen Fortschritte, theils in Folge der ums Jahr 1860 durch Pasteur neu aufgenommenen und belebten vitalistischen Gährungstheorie kam man auch auf dem Gebiete der Thierpathologie wieder zurück auf Henle's vitalistische Theorie der Contagien. Henle selber hatte in seinen Darstellungen schon auf die Vergleichspunkte zwischen seiner Theorie und der damals durch Cagniard-Latour und Schwann begründeten Gährungstheorie hingewiesen.

Angeregt, wie er ausdrücklich sagt, durch Pasteur's Arbeiten erinnerte sich Davaine der von seinem Lehrer Rayer zuerst gesehenen Stäbchen im Milzbrandblute und entdeckte in denselben nun wirklich den Erreger der Milzbrandkrankheit, die als Typus einer Infectionskrankheit gelten kann, sowohl einer contagiösen, als auch, insofern sie wie oben beschrieben von Milzbranddistricten ihren Ursprung nimmt, einer miasmatischen. Hiermit war, im Jahre 1863, ein ganz wesentlicher Fortschritt im Sinne der Henle'schen Theorie gemacht, insofern

ein sehr kleiner, auch in der damaligen Zeit noch nicht so ganz leicht zu beobachtender Parasit als Contagium erkannt wurde. Wesentliche Fortschritte traten zunächst nicht hinzu. Vielmehr führte, zumal in Deutschland, der Uebereifer unreifer Autoren, der durch die Choleraepidemie des Jahres 1866 noch besonders aufgeregt wurde, zu einem wüsten Unfug angeblicher Parasitensucherei, welcher ernstere Forscher um so mehr abschrecken musste, als es ihm an Beifall eine Zeit lang nicht fehlte. Heute sind das längstvergangene Dinge geworden, von denen man nicht weiter zu reden braucht.

Seit 1870 etwa richtet sich wieder allgemeinere Aufmerksamkeit auf diese Fragen. Die Zahl der Arbeiten, welche sie behandeln oder berühren, wächst rasch an; sie ins Einzelne zu verfolgen kann hier nicht unsere Aufgabe sein. Cohns und Billroths früher schon erwähnte (1, 6) Arbeiten auf der einen, und auf der specieller pathologischen Seite jene von v. Recklinghausen und von Klebs sind als neue, hauptsächlich anregende Anfänge hervorzuheben und ganz besonders ist es Klebs' Verdienst, in ausdrücklichem Anschluss an Henle nicht nur Aufgaben und Fragestellung, sondern auch, bis ins Einzelne gehend, die Wege und »Methoden« zu ihrer Lösung klar hervorgehoben und, wenn auch zu hastig, verfolgt zu haben. Pasteur und seine Schule gingen selbständig die gleichen Wege. So gestalteten sich Fragestellungen, Experimente und Kenntnisse successive präciser und reicher. Der letzte zu erwähnende Fortschritt beginnt mit der Betheiligung Robert Koch's bei der Arbeit, seit 1876. Sein Verdienst ist es, auf den von seinen Vorgängern angegebenen Wegen als höchst verständiger Forscher, ohne Ueberstürzung vorwärts gegangen zu sein, mit umsichtiger Benutzung aller Fortschritte der morphologischen Untersuchung, der mikroskopischen und experimentellen Technik. Er hat hierdurch als der Erste saubere Resultate für vorher immer noch bestrittene Fälle erhalten, wie die vorstehende Darstellung der Milzbrand-Aetiologie erweist, deren Abrundung vorwiegend seinen Untersuchungen zu danken ist; und hat Andern gezeigt, wie man es machen muss, um in solchen Dingen vorwärts zu kommen.

Das Resultat aller dieser Bestrebungen ist nun dieses, dass man, ähnlich wie in der Pflanzenpathologie seit 30 Jahren, erstens für eine Anzahl Fälle sicher constatirte, dass das Contagium in nichts anderm als einem mikroskopischen Parasiten besteht, auch manche Krankheiten in diesem Sinne als Infectionskrankheiten kennen lernte, deren infectiöse Natur früher bestritten oder zweifelhaft war. Zweitens wurde das Gleiche für andere Fälle wenigstens sehr wahrscheinlich gemacht.

Drittens endlich bleibt ein sehr erheblicher Rest, in welchem der gesuchte Parasit bis jetzt nicht gefunden oder doch ganz zweifelhaft geblieben ist.

Es hat sich ferner herausgestellt, dass mit einzelnen, zumal Hautkrankheiten und dergl. betreffenden Ausnahmen, bei welchen relativ große, wirkliche Pilze ins Spiel kommen, die bisher sicher ermittelten und die weitaus wichtigsten Contagiumparasiten der Warmblüter Bacterien sind.

Folgen von alledem sind einmal, dass die Henle'sche Lehre zum weitverbreiteten Dogma geworden ist. Dagegen ist nichts einzuwenden, sobald man an Stelle des Glaubens die verständige persönliche Ueberzeugung setzt, welche allerdings auf eine Anschauung bestimmt gerichtet ist, aber doch die Möglichkeit, eines anderen belehrt zu werden, nicht von der Hand weist. Dass der durch die Theorie postulirte Parasit nicht gefunden ist, kann keinen Grund gegen das Festhalten an ihr abgeben, denn die Ursache davon kann leicht in einem Uebersehen des Parasiten wegen Kleinheit, Lichtbrechung, weil man ihn nicht am richtigen Orte und zur richtigen Zeit suchen gelernt hat, gelegen sein. Hatte man doch, als Henle seine Lehre 1840 begründete, den Milzbrandbacillus noch nie gesehen, ja selbst die Trichinen zwar gesehen, aber von ihrer krankmachenden Eigenschaft keine Ahnung.

Sodann wird in zweifelhaften oder fraglichen Fällen fast ausnahmslos nur nach Bacterien gesucht. Das ist principiell unrichtig. Practisch mag es ja wohl sein, nach solchen Formen zu suchen, für welche den vorhandenen Erfahrungen zufolge die meiste Wahrscheinkeit der Auffindung vorhanden ist. Allein man muss bedenken, dass auch Organismen anderer Art ins Spiel kommen könnten, die man nicht erwartet und von denen man vielleicht derzeit nicht viel weiß. Ist es ja doch noch nicht lange her, dass man auch von den Bacterien nicht viel wusste, noch erwartete. Dass das kein leeres Gerede ist, zeigen manche überraschende Erfahrungen, welche die Pflanzenpathologie zu verzeichnen hat, und die unten zu berührende Geschichte der Pebrine.

Drittens liegt, wenn die Glaubensstärke die Kritik überwältigt, die Gefahr nahe, auf das Vorhandensein eines Bacteriums sofort den Schluss zu bauen, dasselbe sei der eventuell gesuchte Krankheiterreger. Nach dem, was wir früher (V.) über die weite Verbreitung entwickelungsfähiger Bacterien kennen gelernt haben, wird aber leicht als möglich erkannt werden, dass in einem erkrankten Körper Bacterien vor oder nach dem Tode zur Entwickelung kommen, dass eine bestimmte

Form charakteristisch, selbst constant bei bestimmter Krankheit wird vorhanden sein, daher auch hohen diagnostischen Werth wird haben können, ohne die Rolle des krankmachenden Contagiums zu spielen. Um letzteres sicher zu stellen, ist unbedingt erforderlich das saubere Experiment mit klarem positiven Resultat; also saubere Trennung des zu untersuchenden Parasiten von Beimengungen, saubere Infection des geeigneten Versuchsthieres mit dem reinen Material, und strengste Controle und Kritik des Resultats. Das beschriebene Beispiel vom Milzbrand kann das wiederum illustriren. Für die unliebsame Erscheinung, dass das Resultat des Infectionsversuchs nicht immer den berechtigten Erwartungen entspricht, sind die unten zu erwähnenden musterhaften Arbeiten Gaffky's über Abdominaltyphus und Löfflers über Diphtherie lehrreiche Exempel.

Das Gesagte wird genügen, um Fernerstehenden im voraus anzudeuten, welches die Gründe sein können, warum man hier von zweifelhaften Fällen und Angaben eventuell zu reden hat.

Gehen wir jetzt über zur Betrachtung der Thatsachen. Unsere Aufgabe ist, wie oben gesagt wurde, Hervorhebung des Wichtigsten, was auf krankmachende Bacterien Bezug hat. Eingehende Besprechung der Krankheiten selbst, um welche es sich handelt, liegt außerhalb unserer Aufgabe; wir müssen daher wiederum auf die medicinische Literatur verweisen.

Wie die Einzelfälle aber auch beschaffen sind, überall kehren in den Hauptsachen, die uns beschäftigen, analoge Erscheinungen und Fragen wieder, welche oben für Milzbrand und Hühnercholera etwas ausführlicher discutirt worden sind, und welche sich einordnen in die große Reihe der Erscheinungen und Fragen des Parasitismus, über welche im X. Abschnitte eine gedrängte Uebersicht zu geben versucht wurde.

Mit Hinweisung auf diese obigen Auseinandersetzungen fassen wir uns jetzt kurz und beginnen mit der Betrachtung einiger relativ gut bekannter Fälle.

2. Der Rückfalltyphus, Typhus, Febris recurrens (60), ist eine in Asien und Afrika verbreitete, in Europa in Russisch-Polen und Irland endemische, in andere europäische Gebiete zuweilen verschleppte Krankheit. Sie ist ansteckend von Person zu Person oder durch Vermittelung von Gebrauchsgegenständen. Fünf bis sieben Tage nach der Ansteckung stellt sich heftiges Fieber mit anderen, hier nicht zu beschreibenden Symptomen ein, welches meist ebenfalls fünf bis sieben Tage dauert, und dann einer etwa ebenso langen fieberfreien Zeit

Platz macht. Dann folgt ein Rückfall in den Fieberzustand und der gleiche Wechsel kann sich mehrmals wiederholen, mit schließlich meist günstigem Ausgang.

Während des Anfalles findet sich in dem oft schwarzrothen Blute des Patienten in Menge ein zartes Spirillum, der Spirochaete buccalis ähnlich (Fig. 14, *e*, S. 94), bis 40 μ lang, lebhaft beweglich, 1873 von Obermeier entdeckt und nach ihm Spirochaete Obermeieri genannt. Während der fieberfreien Intervalle ist von der Spirochaete nichts zu finden.

Die Krankheit geht auf Menschen und auf Affen über, wenn man dieselben mit Spirochaetehaltigem Blute eines Patienten impft. Während der fieberfreien Zeit entnommenes, also von Spirochaete freies Blut ruft nach Impfung keine Erkrankung hervor. Impfversuche an anderen Thieren blieben stets erfolglos. Cultur der Spirochaete außerhalb des Thierkörpers ist bis jetzt nicht gelungen.

Nach diesen Daten darf wohl angenommen werden, dass die Spirochaete das Contagium des Recurrens ist, wenn man auch ihre Lebensgeschichte noch sehr unvollkommen kennt; denn man weiß nichts sicheres über ihren Verbleib während der fieberfreien Intervalle, über die Form und den Weg ihres Ueberganges von Person zu Person, über etwaige Sporenbildung oder sonstige Dauerzustände.

3. Soweit ich zu urtheilen vermag, ist das für die medicinische Praxis bei weitem wichtigste Resultat der Erforschung krankmachender Bacterien die Entdeckung des Contagiums der Tuberculose, des längst populär gewordenen Tuberkel-Bacillus durch Koch (61). Die Krankheit ist genannt nach einer für sie charakteristischen Neubildung oder Entartung, welche in Form von Knötchen, Tuberkeln, in dem Gewebe der Organe auftreten. Am bekanntesten ist die Tuberkelbildung in den Lungen, Lungentuberculose, Lungenschwindsucht; im übrigen ist wohl kein anderes Organ von der Tuberkelbildung ausgeschlossen; als bevorzugter Sitz derselben seien nur noch die Lymphdrüsen genannt.

Die Tuberculose kann außer dem Menschen Warmblüter aller Art befallen. Das gilt insonderheit für unsere gewöhnlichen Haus- und Versuchsthiere. Die Tuberculose des Rindes ist unter dem Namen Perlsucht bekannt. Nach Species verschiedene Empfänglichkeit tritt allerdings hervor; die Feldmaus z. B. ist in hohem Grade, die Hausmaus wenig infectionsempfänglich. Die primären anatomischen Veränderungen bei der Tuberkelbildung sind in allen Fällen die gleichen.

Die in der Folge auftretenden und das Gesammtbild der Krankheit können sich sehr ungleich gestalten.

In dem Tuberkel, zum mindesten in dem frischen, wies nun Koch und mit ihm etwa gleichzeitig Baumgarten einen charakteristischen stabförmigen Bacillus nach. Derselbe kommt den genannten Autoren zufolge stets daselbst vor, wenn auch in nach Einzelfall sehr ungleicher Menge. Er geht über in den Auswurf, das Sputum Lungentuberculöser und ist in diesem zu finden. Er lässt sich bei gehöriger Sorgfalt rein erhalten und auf erstarrtem Blutserum oder in Fleischinfus durch wiederholte Generationen rein cultiviren.

Wird bacillenhaltige Tuberkelsubstanz, oder, besser noch, rein cultivirter Bacillus empfänglichen Thieren unter die Haut geimpft, oder in ein Blutgefäß oder eine Körperhöhle injicirt, oder in Wasser suspendirt fein zerstäubtes reines Bacillenmaterial zur Inhalation gebracht, so erfolgt ausnahmslos — Kochs Versuche erstreckten sich über 217 Individuen empfänglicher Thierspecies (Kaninchen, Meerschweine, Katzen, Feldmäuse), Controlthiere und Individuen minder empfänglicher Arten nicht mitgerechnet — so erfolgt ausnahmslos Tuberkelbildung mit ihren Consequenzen und in den Tuberkeln wurde jedesmal der Bacillus gefunden. Nicht minder entsprach jedesmal der Ort des Auftretens der Tuberkel, ihre Häufigkeit und Verbreitung in und der Gang ihrer Ausbreitung durch den Körper den Erwartungen, welche nach dem Modus der Infection und dem Orte, wo sie angebracht wurde, vorauszusetzen waren. Nach diesen, durch Controlversuche noch weiter bekräftigten Resultaten ist die (übrigens schon früher aus anderen Thatsachen erschlossene) Infectiosität der Tuberculose und die Contagiumeigenschaft des Bacillus sicher gestellt.

Die Untersuchungen des Bacillus selbst lassen, soweit sie mitgetheilt sind, in morphologischer Hinsicht sehr viel zu wünschen übrig. Die Beobachter ließen sich meist mit dem Nachweise seines Vorhandenseins genügen und hierfür giebt sein eigenthümliches Verhalten zu Anilinfarbstoffen ein vorzügliches Mittel an die Hand. Im Gegensatz nämlich zu den allermeisten bekannten übrigen Bacterien nimmt er alkalische Methylenblaulösung oder gesättigte Lösung von Methylviolett langsam und schwer — erst nach mehrstündiger Einwirkung oder bei Erwärmung — auf, hält dann aber die angenommene Färbung fest, wenn jene anderen, durch verdünnte Salpetersäure z. B., rasch entfärbt werden. An diesem Verhalten, sammt ihrer Gestalt und Größe, sind die Bacillen relativ leicht zu erkennen und von anderen zu unterscheiden. Sie treten auf in Form schlanker Stäbchen, die manchmal etwas ge-

krümmt oder geknickt sind, und eine Länge von 1,5 bis 3,5 μ erreichen. Weder im lebenden noch im gefärbten Zustande lassen sie in der Regel eine Quergliederung erkennen. Sowohl in den Culturen als im Körper und in den Sputis Kranker findet man in ihnen endogene Sporen, welche nach Kochs kurzer Angabe denen endosporer Bacillen entsprechen müssen, übrigens nicht näher beschrieben werden. Nach den Darstellungen sporenführender Exemplare nun, und unter der Voraussetzung, dass sich diese Species nicht ganz anders verhält wie die übrigen endosporen Bacterien (vgl. S. 13), müssen die Stäbchen ganz ähnliche Gliederung besitzen wie der oben beschriebene Bacillus Megaterium, denn sie werden abgebildet mit 4—6, wie in Fig. 1 *r* in einer Reihe dicht übereinander stehenden Sporen. Jede dieser muss, wenn unsere obige Voraussetzung und die Darstellung richtig ist, in einer kurzen Gliederzelle liegen. Hiermit steht in Uebereinstimmung, dass man in gefärbten Präparaten die Stäbchen manchmal durch schmale hyaline Querstreifen in eine Reihe von Gliedern zertheilt findet, welche nicht länger als breit sind, wie es Zopf in seiner 3. Auflage abbildet. Diese Glieder Kokken zu nennen ist eine müßige Wortspielerei. — Wenn junge vegetirende Stäbchen langgliedrig sind, so stimmt auch dieses mit B. Megaterium überein. Nach dieser Beschreibung verzichte ich darauf, eine Abbildung zu geben; die bildliche Darstellung dessen, was man bis jetzt gesehen hat, gäbe sich als einfacher oder unterbrochener schwarzer Strich. Fig. 1, *b*—*f* und *r*, S. 13 entsprechen den derzeitigen Kenntnissen von den Formverhältnissen des Tuberkelbacillus, nur dass die Länge der Stäbchen dieses durchschnittlich nicht größer ist, als die Breite der in Fig. 1 von B. Megaterium dargestellten.

Die lebenden Stäbchen sind, nach Koch, ohne Eigenbewegung. Bei der Cultur auf erstarrtem Blutserum bleiben sie, ohne dieses zu verflüssigen, auf der Oberfläche und bilden hier auch bei relativ reichlicher Entwickelung wenig ausgedehnte dünne, trockene Schüppchen, welche sich unter dem Mikroskop als aus wellig gekrümmten Schwärmen und Bündeln von Einzelstäbchen bestehend erweisen.

Im Vergleich mit den meisten anderen Bacterien wächst der Tuberkelbacillus langsam; er ist hierin dem Kefirbacterium ähnlich. In den Culturen auf Serum braucht es 10—15 Tage, bis man mit bloßem Auge ein Wachsen bemerkt. Auch bei den Infectionen sind 2—8 Wochen erforderlich, bis das Resultat hervortritt.

Die Cultur außerhalb des lebenden Thieres ist auf anderen als den oben genannten Nährböden nicht gelungen; für die Vegetationstemperaturen hat sie die oben, S. 40, genannten Cardinalpunkte ergeben.

Gegen äußere Schädlichkeiten hat der Bacillus eine ziemlich hohe Resistenz, wobei er seine Infectionstüchtigkeit beibehält. Er erträgt hohe, dem Siedepunkt nahe Temperaturen, wenn auch bei Kochen im durchfeuchteten Zustande bald Tödtung eintritt. Austrocknung wurde bis zu 186 Tagen, Aufenthalt in faulendem Sputum 43 Tage ertragen. Die auf die Resistenz bezüglichen Versuche sind überhaupt mit bacillushaltigem Sputum angestellt worden. Inwieweit die hohe Dauerhaftigkeit auf die Sporen beschränkt oder auch den vegetativen Stäbchen eigen ist, ist nicht streng untersucht, nach den anderweiten Erfahrungen wird sie den Sporen vorzugsweise zukommen.

Diese Thatsachen miteinander geben eine befriedigende Erklärung für das Auftreten der Tuberculose als Folge der Infection mit dem Bacillus. Die weite Verbreitung der Krankheit ist Jedem bekannt, auch wenn man nur an die Lungentuberculose denkt. Durchschnittlich der siebente Theil menschlicher Todesfälle erfolgt durch Lungenschwindsucht. In den Abgängen Tuberculöser ist der Bacillus meistens, entwickelungsfähig und virulent, enthalten. Auch hier kommt der Auswurf, welchen Schwindsüchtige oft Monate und Jahre lang von sich geben, vorzugsweise, doch keineswegs ausschließlich in Rechnung. Von 982 Sputa, welche Gaffky untersuchte, wurde in nur 44 der Bacillus vermisst. Es ist klar, dass dieser mit solchen Abgängen reichlich in den Verkehr kommt, und wenn dieselben eintrocknen, mit dem Staub und dergleichen Verbreitung finden muss. Die Gelegenheit zur Infection ist daher innerhalb des menschlichen Verkehrs reichlich gegeben. Ausführlicher brauchen wir hier auf die Sache nicht einzugehen, und auch die Behandlung der Frage nach dem Verbreitungsmodus des Bacillus in dem einmal inficirten Körper würde hier zu weit in medicinische Details führen. Dass hier auch die Empfänglichkeit des zu Inficirenden für den Erfolg der Infection mit maßgebend ist, geht schon aus der Thatsache hervor, dass in Krankensälen und Anstalten, in welchen sich Tuberculöse Jahraus Jahrein aufhalten, nicht Jeder mit Erfolg tuberculös inficirt wird. Es steht diese Erscheinung aber auch in Uebereinstimmung mit dem, was wir allgemein über die individuellen oder specifischen Verschiedenheiten in der Empfänglichkeit für Parasitenangriffe kennen.

Die vorstehenden Thatsachen und Ansichten werden nicht geändert durch die Angaben von Malassez et Vignal, welche eine mit reichlicher Micrococcus-Vegetation einhergehende Tuberculose beschreiben, die sie tuberculose zoogloique nennen, und bei welcher sie den Bacillus in manchen Fällen auch fanden, in anderen nicht. Koch's

klaren Resultaten gegenüber kann es sich, wenn jene Angaben richtig sind, nur handeln entweder um eine Complication, oder aber um eine der Bacillus-Tuberculose ähnliche, aber ihrer parasitären Ursache nach von ihr verschiedene Krankheit.

4. Gonorrhoische Erkrankungen (62) nennt man bestimmte beim Menschen vorkommende eiterige Entzündungen der Harnröhre (Tripper) und der Bindehaut des Auges. Die Bindehaut-Blennorrhoe der Neugeborenen darf ihnen für unsere Zwecke jedenfalls angeschlossen werden.

Zu den charakteristischen Eigenthümlichkeiten dieser Erkrankungen gehört ihre hohe Infectiosität, und es ist längst bekannt, dass die Ansteckung erfolgt durch das eiterige Secret des Patienten. Die Ansteckung gesunder Menschenaugen geschieht, wie Hirschberg sagt, »mit der Sicherheit eines physikalischen Experiments«. Mit derselben Sicherheit findet man in dem infectiösen Eiter einen stattlichen, von Neisser entdeckten und Gonococcus genannten Micrococcus (Fig. 18), und zwar vorzugsweise aufsitzend auf Eiterzellen, vielleicht auch oberflächlich in ihren Körper eingedrungen, weniger zwischen den Eiterzellen liegend. Es ist übrigens immer nur eine relativ geringe, von Fall zu Fall wechselnde Zahl der vorhandenen Eiterzellen mit dem Gonococcus besetzt.

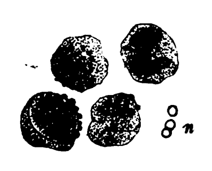


Fig. 18.

Die Zellen desselben sind rundlich und ziemlich groß, von etwa 0,8 μ Durchmesser, oft den Theilungen entsprechend paarweise zusammenhängend, im erwachsenen Zustand durch hyaline, gallertige Zwischensubstanz getrennt und oft in großer Zahl, in ziemlich regelmäßigen Abständen über die Oberfläche der Eiterzelle vertheilt. Ob diese Anordnung in die Fläche in successive wechselnd nach zwei Richtungen stattfindender Theilung ihren Grund hat oder nur in entsprechender Verschiebung bei stets gleichsinniger Theilungsrichtung, mag dahingestellt bleiben; für die erstere Annahme sehe ich in den beobachteten Thatsachen keinen nöthigenden Grund.

Bei anderen Entzündungen der in Rede stehenden Schleimhäute findet man den Gonococcus nicht, und andere Bacterien rufen die

Fig. 18. Micrococcus Gonococcus. Aus dem Bindehautsecret eines an Blennorrhoea neonatorum behandelten Kindes. Vier Eiterzellen mit ansitzendem Micrococcus — nach einem mit Methylviolett gefärbten Präparat. Die nur blass gefärbten Eiterzellen sammt ihren Kernen sind in der Zeichnung nur angedeutet, um den Micrococcus mehr hervortreten zu lassen. Vergr. 600. *n* stärker vergr. Umrisszeichnung einer einzelnen Zelle und eines aus Zweitheilung hervorgegangenen Paares.

gonorrhoischen Erscheinungen nicht hervor. Hiernach wird, wenn man Analogien zu Hülfe nimmt, sehr wahrscheinlich, dass die infectiöse Eigenschaft des gonorrhoischen Secrets in der Gegenwart des Coccus seinen Grund hat, dass dieser das wirkende Contagium ist.

Andere Warmblüter als der Mensch sind, soweit untersucht, für die gonorrhoische Infection nicht oder sehr schwer empfänglich; die weitaus meisten Thierversuche mit Augensecret misslangen.

Auch Culturen des Micrococcus Gonococcus außerhalb des lebenden Patienten gelingen schwer. Doch werden gelungene angegeben, z. B. von Hausmann auf erstarrtem Blutserum für Bindehautsecret von Neugeborenen, von Bockhardt für Harnröhrensecret. Weiter wird dann berichtet von gelungenen Infectionen mit dem rein cultivirten Coccus: von einzelnen des Auges neugeborener Kaninchen (Hausmann) und von einer Harnröhreninfection (Bockhardt). Ausdehnung der Infection auf eine größere Zahl menschlicher Versuchsobjecte verbietet die Bedenklichkeit der Erkrankung. Nach Bockhardt dringt nach der Infection der Micrococcus in das subepitheliale Gewebe und hier in die farblosen Blutzellen und deren Kerne ein, dieselben zerstörend und hierdurch wieder frei werdend und dann mit dem Eiter auf die Schleimhautoberfläche gefördert. Bockhardt's Angaben über gelungene Infection mit reinem Gonococcus werden jedoch bestritten, so dass die Bedeutung dieses als Contagium vorläufig nicht außer Zweifel steht. —

Rückfallfieber, Tuberculose und Gonorrhoen habe ich, so verschiedenartig sie auch sind, zusammengestellt, weil sie, wenn man einmal die Zweifel und die Lücken in der Kenntniss bei Seite lässt und Wahrscheinliches für gewiss nimmt, Beispiele darstellen für thatsächlich obligate parasitische Bacterien.

Streng obligat ist für unsere derzeitige Kenntniss Spirochaete Obermeieri, insofern sie, ohne saprophytische Digression, nur von Person zu Person übertragbar ist, und dazu nur auf Menschen und Affen eingeschränkt.

Der Tuberkelbacillus und der Gonococcus können allerdings in saprophytischer Lebensweise cultivirt, facultativer Saprophytismus (S. 86) kann ihnen nicht abgesprochen werden. Thatsächlich kann diese Eigenschaft aber für sie kaum in Betracht kommen. Für den Tuberkelbacillus, wie Koch urgirt, darum nicht, weil die Bedingungen seiner saprophytischen Vegetation derart beschaffen und eingeschränkt sind, dass sie sich kaum je anders als in ad hoc eingerichteten Apparaten finden werden. Für den Gonococcus aus denselben Gründen; dies folgt — seine Contagiumqualität wie gesagt einmal vorausgesetzt,

— ohne weiteres aus den Erfahrungen im Großen; aus diesen folgt dann ferner, dass die Resistenz des Gonococcus eine sehr geringe ist, seine infectiöse Verbreitung z. B. durch den Staub nach Austrocknen gar nicht in Betracht kommen kann. Denn die gonorrhoischen Erkrankungen sind der Tuberculose an Häufigkeit gewiss nahestehend; ihre Secrete kommen in den Verkehr, mit ihnen der Gonococcus. Wäre dieser, unter gewöhnlichen natürlichen Verhältnissen, saprophytischer Vegetation fähig, so wäre kaum denkbar, dass nicht zuweilen wenigstens Infection auf anderem Wege als von Person zu Person stattfände. Das ist aber, ganz zweifelhafte vereinzelte Angaben abgerechnet, nicht der Fall, wenn auch eine bekannte Vox populi manchmal anderes aussagen mag.

5. Zu den Erkrankungen, welche derzeit als durch Bacterien-Contagien verursacht betrachtet werden dürfen, gehören weiter die in den Einzelsymptomen mannigfaltigen Wundinfectionskrankheiten, einschließlich jener des Wochenbettes, und jene, die mit Bildung von Eiterheerden, Abscessen der Haut und innerer Organe verbunden sind, von localen Hautabscessen, Furunkeln, Schwären, bis zu schweren Erkrankungen (63). Man findet bei diesen Erkrankungen an den inficirten Wundflächen, in dem Eiter u. s. f., mit Ausnahme seltener, aus ganz bestimmten Gründen exceptioneller Einzelfälle, Bacterienformen; und nach den gegenwärtigen Grundanschauungen liefert schon der eminente Erfolg der von Lister eingeführten antiseptischen, d. h. auf Fernhaltung und Unschädlichmachung von Zersetzungerregern gerichteten Wundbehandlung den indirecten Beweis dafür, dass jene als Zersetzungerreger zu den Erkrankungen in causaler Beziehung stehen.

Diese kann von zweierlei Art sein. Einmal kann das Contagium an dem Orte, wo es sich befindet, Eiterung, Abscessbildung u. s. w. local verursachen, sei es dass es an der empfangenden Wundstelle bleibt, sei es dass es von dieser aus in den Blutstrom und mit ihm in entfernte Organe gelangt ist. Oder aber es werden an dem Infectionsorte, als Producte der Vegetation des Contagiums, nicht organisirte giftig wirkende Körper gebildet, Ptomaine (vgl. S. 111) oder diesen vergleichbare Substanzen, und diese dann, im Blute vertheilt, dem Körper zugeführt, um hier Vergiftungserscheinungen zu bewirken. Ferner ist denkbar, dass beiderlei principiell verschiedene Processe combinirt vorkommen.

Das kann hier nur angedeutet, für die Details muss auf die bezügliche, umfangreiche medicinische Literatur verwiesen werden, die ich

selber nur unvollkommen kenne. Ich beziehe mich hier specieller auf Rosenbach's in der Anmerkung citirtes Buch über die Contagien der Wundinfectionskrankheiten.

Was die Bacterien selbst betrifft, welche hier in Betracht kommen, so sind deren mehrerlei gefunden worden. Rosenbach gibt 4 differente Bacillen oder wenigstens Stabformen an; vorzugsweise aber Mikrokokken, von denen besonders drei Arten verbreitet sind; die übrigen mögen hier bei Seite bleiben. Dieselben sind ihren Einzelzellen nach mikroskopisch nicht sicher zu unterscheiden: kleine, runde, nur wimmelnd bewegliche Zellchen ohne distincte Sporenbildung. Sie unterscheiden sich aber durch ihre habituelle Gruppirung und durch die Form und Färbung, in welcher sie bei Culturen im Großen, auf der Oberfläche von Agar-Gallerte auftreten. Der eine hält seine Zellchen in Reihenverband, ähnlich dem Micr. Ureae, S. 19, was Billroth Streptococcus genannt hat. Bei den anderen lösen sich die Zellen nach der Theilung aus dem Reihenverband und bilden Anhäufungen, welche Ogston mit Weintrauben verglichen und zur Bildung des Namens Staphylococcus benutzt hat. Auf Agar-Gallerte bildet von letzteren der eine orangegelbe, der andere weiße gelatinöse, einem Flechtenthallus ähnliche Ausbreitungen, daher St. aureus und albus. Aus den Abscessen und Eiteransammlungen entnommen und in Reincultur isolirt, behält jeder dieser Mikrokokken seine Eigenschaften constant bei; in jenen Krankheitsproducten kommt theils nur eine, theils zwei Species zusammen vor; am häufigsten und verderblichsten sind nach den vorliegenden Angaben der Streptococcus und der aureus. Impfungen und Injectionen vom Menschen gewonnenen Reincultur-Materials haben Rosenbach mehrfach bei Thierversuchen positive Resultate, d. h. wiederum Abscesse mit dem angewendeten Parasiten ergeben; allerdings, wenn ich die Darstellungen richtig auffasse, bei Anwendung gar großer Mengen Impfstoff.

Die besprochenen Bacillen und Mikrokokken sind facultative Parasiten, sie lassen sich leicht und reichlich als Saprophyten cultiviren. Ueber ihre saprophytische Verbreitung in der Natur ist allerdings Näheres nicht bekannt, doch dürften sie, schon den Erfahrungen im Großen zufolge, überall und besonders an Orten menschlichen Verkehrs zu fürchtende Feinde sein. Dass sich ihnen manche Verwandte in dieser Beziehung anschließen werden, ist zu erwarten.

6. Sowohl der Gestaltung als dem facultativen Parasitismus nach schließt sich hier, und zwar als kettenbildender Streptococcus, der Micrococcus an, welcher, in die Lymphgefäße der Haut dringend, das

Contagium des Erysipels, des Rothlaufs ist (64). v. Recklinghausen und Lukomski haben denselben schon früher kennen gelehrt. Fehleisen hat ihn neuerdings rein gezogen und mit Erfolg verimpft. Auch die zwar ungefährliche, aber unangenehme, als Finger-Erysipeloid, Köchinnen-Rothlauf, Erythema migrans bekannte Hauterkrankung an den Händen, welcher Personen, die mit rohem Fleisch hantiren, ausgesetzt sind, ist von Rosenbach auf ein Micrococcus-Contagium zurückgeführt worden (63).

7. Ein specifischer, cultivirbarer und durch Impfung, unter Production der charakteristischen Krankheit, übertragbarer Micrococcus ferner ist nach Sattler's (65) Untersuchung das Contagium des Trachoms, der granulösen Bindehautentzündung des menschlichen Auges, unter dem Namen der ägyptischen populär bekannt. Und es mag hier hinzugefügt werden, dass eine andere, Xerosis conjunctivae genannte Bindehautkrankheit einem kleinen Stabbacterium als Erreger zugeschrieben wird (2, 66).

Streng specifische Wirkung als Contagium der acuten fibrinösen Lungenentzündung soll nach Friedländer ein in derben breiten Gallerthüllen kurze Reihen bildender, in charakteristischer Form auf Gelatine cultivirbarer Micrococcus haben (67).

Ein specifischer, dem Tuberkelbacillus in jeder Beziehung nahestehender Bacillus ist durch Hansen's und Neisser's Untersuchungen als Erreger der Lepra, des Aussatzes, erwiesen (68). Specifische Bacillen, oder wenigstens Stabformen, in ihrer Lebensweise denen des Milzbrands näher stehend, sind ferner gefunden und großentheils genauer studirt worden als die Contagien einer Reihe von Thierkrankheiten, wie Koch's »Mäuse-Septicämie«, Koch und Gaffky's malignes Oedem (69), Rotz (70), Rauschbrand (71), Seuche oder Rothlauf der Schweine, über welch letzteren jedoch Controversen zwischen Pasteur und Klein (72) bestehen; Löffler's Diphtherie der Tauben und des Kalbes (75).

Eine eingehendere morphologische Untersuchung hat von diesen Formen der Bacillus des Rauschbrands durch T. Ehlers erfahren, und zwar hat diese ergeben, dass derselbe dem B. Amylobacter (S. 79) sehr ähnlich gestaltet und gebaut ist.

8. Der Typus miasmatischer Infectionskrankheiten ist die Malariakrankheit (73), Wechselfieber und verwandte Zustände. Die Infection ist gebunden an bestimmte Gegenden mit sumpfigem Boden, stagnirendem Wasser; Ansteckung von Person zu Person findet unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht statt. Die Annahme liegt daher hier, nach Analogie bekannter Fälle, z. B. des Milzbrandes, äußerst nahe, dass in

dem Boden und dem Wasser der Malariagegend ein Contagium-Organismus vorhanden und dass diesem die Infection zu verdanken sei. Klebs und Tommasi Crudeli haben auf Grund solcher Annahme Bodenproben und Wasser von exquisiten Malariagegenden untersucht und in ihnen Bacterien reichlich gefunden; speciell eine fädenbildende Stäbchenform, welche sie Bacillus Malariae nennen. Sie haben durch Injection von solchen Erdproben sowohl wie von Culturmaterial ihres Malariabacillus an Thieren Symptome von Malariafieber erzeugt, Milzschwellung, intermittirendes Fieber. Cuboni und Marchiafava, Lanzi, Perroncito, Ceci, Ziehl haben dann im Blute aus der Haut, den Venen, der Milz von Menschen, welche an Intermittens litten, zumal in dem Froststadium des Fieberanfalls Bacterienformen gefunden. Cuboni und Marchiafava haben auch an Thieren, denen sie Blut von Menschen, welche an Wechselfieber litten, injicirten, Symptome erhalten, die ihnen Malaria-Infection wahrscheinlich machen. Inwieweit nun jene an Versuchsthieren nach der Infection beobachteten Krankheitserscheinungen als sichere Malariasymptome betrachtet werden dürfen oder müssen, mag ich nicht beurtheilen.

Dagegen ist klar, dass die Injection von einigen Cubikcentimetern Flüssigkeit, welche Erdtheilchen oder Bacilluscultur enthält, nicht der in Wirklichkeit eintretenden Malaria-Infection entspricht, bei der es sich um Aufnahme, Impfung oder Inhalation von jedenfalls minimalen Contagiummengen handelt. Und was die Beschreibungen betrifft, welche in den verschiedenen Arbeiten von den in Betracht kommenden Bacterien gegeben werden, so lässt sich aus ihnen zum mindesten nicht objectiv entscheiden, ob jedesmal eine Bacteriumspecies vorgelegen hat oder mehr als eine, und ob die Formen, welche der eine Autor im Blute beobachtete, die nämlichen oder der nämlichen Species angehörigen waren, welche Andere aus Bodenproben erzogen. Eine präcise Entscheidung über die Natur des Contagium oder Miasma vivum der Malaria scheint mir daher nicht vorzuliegen, vielmehr erst auf Grund der fleißigen Vorarbeiten und mit Sichtung derselben in Angriff genommen werden zu müssen.

9. Unsicher sind derzeit weiter die Kenntnisse über die ursächliche Beziehung von Bacterien oder Parasiten überhaupt zu dem Unterleibstyphus, der Diphtherie und der Cholera des Menschen.

Der Abdominaltyphus ist eine ausgesprochen miasmatische, manchmal auch contagiös werdende Infectionskrankheit. Causale Beziehungen zwischen seinem Auftreten und bestimmten Oertlichkeiten, dem Genuss verunreinigten Wassers sind seit lange evident. Es liegt daher auch hier

sehr nahe, einen facultativen Parasiten als nächste Ursache der Krankheit anzunehmen. Auch hatte schon 1871 v. Recklinghausen in Typhusleichen Bacterien, speciell Micrococcus-Colonien gefunden. Spätere Untersuchungen, die in Gaffky's Arbeit (74) ausführlich angegeben sind, haben weitere nicht immer übereinstimmende Bacterien- und Pilzbefunde ergeben. Gaffky hat dann neuerdings die Sache einer sorgfältigen Untersuchung unterworfen und in den inneren Organen, Mesenterialdrüsen, Milz, Leber, Nieren der Typhusleichen als fast constante Erscheinung — 26 mal unter 28 Fällen — einen wohl charakterisirten endosporen Bacillus gefunden, und zwar jedesmal den nämlichen. Derselbe wächst in charakteristischer Form auf Gelatine, Blutserum, Kartoffeln an der Luft und wurde auf diesen Substraten ausgiebig gezüchtet. Der Beschreibung Gaffky's, auf welche hier verwiesen sei, zufolge ist seine Gestaltung jener des Amylobacter (S. 79) nicht unähnlich, die Grösse jedoch erheblich geringer: die Einzelstäbchen etwa 2,5 μ lang, die Breite etwa $^1/_3$ der Länge. Entgegen den nach dem immer wiederkehrenden charakteristischen Befund an der Leiche berechtigten Erwartungen ergaben Gaffky's ausgedehnte, an Thieren (auch Affen) angestellte Infectionsversuche nur völlig negatives Resultat. Die Causalfrage muss also zur Zeit als unentschieden betrachtet werden. — Ein spontanes Vorkommen der Typhusbacillen außerhalb des Organismus, speciell in dem zu Typhusepidemien in Beziehung stehenden Trink- und Gebrauchswasser, ist bis jetzt auch nicht nachgewiesen worden.

10. Ueber die Diphtherie verdanken wir Löffler (75) ausgedehnte und umsichtige Untersuchungen. Eine ausführliche Discussion der Angaben seiner Vorgänger ist in seiner Arbeit enthalten, auf welche daher verwiesen sein möge. Ein bekanntes charakteristisches Symptom der Diphtherie beim Menschen sind die weißen Beläge der Rachenschleimhaut, zumal der Tonsillen, und es ist nachgewiesen, dass durch diese Beläge Uebertragung der Krankheit auf Gesunde stattfinden kann. Die hiernach auf die Beläge gerichtete Untersuchung hat in denselben, neben allerlei accidentellen Befunden ergeben erstlich massenhafte Anhäufungen von Mikrokokken und zweitens in vielen, nicht allen untersuchten Fällen, wie Klebs zuerst urgirte, kleine Stäbchen.

Löffler fand diese Befunde bestätigt und unterwarf die genannten Organismen der Reincultur und der experimentellen Prüfung ihrer krankmachenden Wirkung.

Der Micrococcus bildet in der Reincultur Ketten, jenen des Erysipels sehr ähnlich. In dem Erkrankten findet man ihn von den Be-

lägen aus in die Gewebe dringend, durch die Lymphgefäße in die verschiedensten innern Organe gelangend und hier Heerde bildend. Rein auf Versuchsthiere verimpft, zeigte er das dementsprechende Verhalten, bewirkte auch Erkrankungen, aber keine für Diphtherie charakteristischen Symptome. Dem Micrococcus ist hiernach wohl die Erzeugung von Complicationen, nicht aber die Bedeutung des specifischen Contagiums der Diphtherie zuzuschreiben.

Die Stäbchen gedeihen auf Blutserum gut, sind im übrigen schwer zu cultiviren; die einzelnen erreichen etwa die Länge und die doppelte Dicke des Tuberkelbacillus; von diesem sind sie im übrigen durch hier nicht ausführlich zu reproducirende Merkmale gut unterschieden. In den Belägen der diphtheritischen Schleimhaut finden sie sich haufenweise gruppirt in den unter der Oberfläche gelegenen Schichten. In den inneren Organen der Kranken sind sie nicht nachzuweisen. Impfungen auf Versuchsthiere ergaben den Diphtherie-Symptomen sehr ähnliche Erkrankungen. Löffler hält es daher, jedoch unter umsichtiger Hervorhebung der Gegengründe, für sehr wahrscheinlich, dass die Stäbchen das Contagium der Menschen-Diphtherie sind.

11. Von dem Contagium der Asiatischen Cholera (76) hier zu reden, ist mit einiger Schwierigkeit verbunden, wie Jeder, der Zeitungen liest, zugeben wird. Was man heute sagt oder schreibt, kann durch ein Telegramm des morgigen politischen Tageblattes über den Haufen geworfen werden. Klob hat in Folge der 1866er Epidemie den Darminhalt und die Entleerungen von Patienten und Opfern der asiatischen Cholera untersucht, in denselben stets erhebliche Mengen von Bacterien gefunden und, von der Annahme, dass dieselben Zersetzungswirkungen ausüben ausgehend und in Uebereinstimmung mit Andeutungen älterer Beobachter, als wahrscheinlich hingestellt, dass jene Bacterien im Darm und von diesem aus die Krankheit erregen. Die Kenntnisse von den Bacterien waren zu jener Zeit nicht soweit entwickelt, dass eine schärfere Unterscheidung und Trennung der mancherlei Formen, welche Klob's Abbildungen aufweisen, vorgenommen worden wäre. Die Extravaganzen, welche damals von anderer Seite gemacht wurden, um das Choleracontagium, einschließlich der Bacterien, auf gewöhnliche Schimmelpilze und hypothetische Parasiten der Reispflanze zurückzuführen, und andrerseits die Thatsache, dass Untersuchungen nicht Cholerakranker ganz ähnliche Bacterienbefunde in dem Darm ergaben wie die Klob'schen, ließ diese und die ganzen auf das Contagium vivum in diesem Falle gerichteten Bestrebungen wieder in den Hintergrund treten. Die in der ständigen Heimath der Seuche nachmals angestellten

Untersuchungen englischer Aerzte ergaben auch kein positives sicheres Resultat.

Die Kenntnisse von den Bacterien und von der Realität der Contagia viva waren dann beträchtlich vorgeschritten, als 1883 die in Aegypten ausgebrochene Epidemie Veranlassung zu erneuter Wiederaufnahme der Frage gab. Koch, der bewährteste Forscher auf dem Gebiete, untersuchte in Aegypten und in Indien, der ständigen Cholera-Heimath, und brachte die Kenntniss einer bestimmt charakterisirten Bacterium-Form mit zurück, welche sich im Darm frischer Cholerafälle oft, und manchmal in Menge fast rein findet, einmal auch in einem Wassertümpel eines Choleradistricts beobachtet wurde, und in welcher er das specifische Contagium oder Miasma der indischen Seuche vermuthete. Der Organismus, um welchen es sich handelt, ist unter dem Namen Komma-Bacillus sehr bekannt geworden. Es sind kleine, bogig gekrümmte, bewegliche Einzelstäbchen, deren Gestalt der in Fig. 14 *c*, S. 94 dargestellten entspricht, und welche in der Cultur zu locker schraubigen kurzen Fäden vereinigt bleiben können. Sie stellen hiernach also leicht trennbare, ein Stück Schraubenumgang lange Glieder eines Spirillum dar. Dieses Spirillum tritt auf im Darmschleim, dringt auch wohl oberflächlich in die Schleimhaut des Darms, findet sich aber nicht in dem Blut noch den Geweben anderer Organe.

Infectionsversuche, mit rein cultivirtem Material an Thieren angestellt, ergaben zunächst nur negatives Resultat. Auch erhob sich alsbald Widerspruch gegen die Bedeutung des Komma-Bacillus als specifischen Begleiters der asiatischen Cholera. Finkler und Prior fanden einen »Kommabacillus« auch bei der als Cholera nostras bekannten Darmaffection. Lewis erklärte die ganz ähnlich gestaltete Form des Mundschleims (Fig. 14, *c*) für identisch mit dem Koch'schen Spirillum. Unbeschadet der Aehnlichkeit aller dieser Formen aber stellten von verschiedenen Seiten bestätigte Untersuchungen doch Differenzen zwischen denselben heraus, welche, den vorliegenden Angaben zufolge, besonders in der Gruppirung bei Gelatine-Cultur hervortreten sollen. Das häufige Vorhandensein im Choleradarm wurde von Klebs und Ceci bestätigt; der Letztere gibt sogar neuestens an, in Thierversuchen gelungene Resultate erreicht zu haben, bei Infection durch Einführung des Spirillum in den Darm. Nach diesem Autor wäre also die Frage im Sinne der Koch'schen Vermuthung entschieden; nach Koch's eigenem Resultat läge sie ähnlich wie die vorhin von dem Typhusbacillus vorgetragene.

Da trat nun jüngst Emmerich auf Grund in Neapel angestellter

Untersuchungen mit ganz anderem Resultat hervor. Er bestätigt zwar, dass der Komma-Bacillus nicht selten im Darm gefunden wird, hält diesen aber für einen unwesentlichen Begleiter des Choleraprocesses. Dagegen fand er im Blute, in der Darmwand, den Nieren, selten auch der Milz und anderen inneren Organen, ein kurzes nicht gekrümmtes Stabbacterium, welches er rein cultivirte und auf Grund von Infectionsresultaten an Thieren für das wirkliche Choleracontagium erklärt.

Wie sich diese Widersprüche lösen werden, bleibt abzuwarten. Auf eine weitere Discussion derselben einzugehen, ist hier nicht unsere Aufgabe. Nur das Eine darf wohl noch gesagt werden, dass die erwähnten negativen Resultate der Thier-Infectionen eine Entscheidung im negativen Sinne da nicht begründen können, wo es sich, wie bei Abdominaltyphus und Cholera, um Krankheiten handelt, welche erfahrungsgemäß nur den Menschen, und nicht die Versuchsthierspecies spontan befallen. Der negative Erfolg kann hier eventuell nur in Unempfänglichkeit der Versuchsthiere für die Angriffe des Parasiten seinen Grund haben. Es könnte hier und in verwandten Fällen ferner in Frage kommen, ob nicht die specifische Krankheit durch das Zusammenwirken von zwei parasitischen Bacterien oder anderweiten lebenden Contagien zu Stande kommt, von denen das Eine gleichsam erst den günstigen Boden herstellt für das Eingreifen des Anderen. Auf Grund der Untersuchungen Pettenkofers und ihrer Discussion durch Nägeli (7) liegt es nahe, diese Frage gerade für die asiatische Cholera hervorzuheben. Das ist nun alles weiter zu untersuchen.

Sei dem aber wie ihm wolle, so stehen wir hier jedenfalls vor Fragen und Widersprüchen und nicht vor sichern Thatsachen und großen Thaten. [1]).

Darf ich noch eine nachträgliche, auf Tagesneuigkeiten bezügliche Bemerkung hier hinzufügen, so sind von der bisherigen Discussion überhaupt zu trennen und auszuschließen die Leistungen des Herrn Ferran und seine zeitungsbesprochenen Schutzimpfungen. Was Ferran von dem Cholera-Contagium veröffentlicht hat, ist, so wie es dasteht, einfach sinnlos, jedem vernünftigen und halbwegs fachlich gebildeten Menschen absolut unverständlich. Die practischen Consequenzen hiervon verstehen sich von selbst. Entweder sie sind auch sinnlos, oder er hat mit Dingen gearbeitet und ist unbewusst auf Erscheinungen und practische Ergebnisse gelangt, von deren Wesen und Zusammenhang er ebensowenig eine Ahnung hat, wie Andere.

[1]) Vgl. die Zusätze in Anmerk. 76.

12. Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, dass für eine ganze Anzahl gerade der häufigsten Infectionskrankheiten die Auffindung eines bestimmten krankmachenden Bacteriums oder eines anderen mikroskopischen Parasiten bis jetzt nicht gelungen oder gänzlich unsicher ist. Das gilt für Ruhr, Flecktyphus, gelbes Fieber, Keuchhusten; für die acuten Hautexantheme, wie Scharlach, Masern, Menschen- und Thierpocken. Für die Pocken besteht sogar das bekannte Schutzimpfungsverfahren; und für die Hundswuth gibt Pasteur sogar ein Verfahren zur Abschwächung des Contagiums und zur Schutzimpfung an, der eventuelle Contagiumorganismus hat sich aber bisher mindestens der Beobachtung entzogen. Ein dem Tuberkelbacillus sehr ähnlicher Syphilis-Bacillus wird neuestens beschrieben, ohne bisher, soviel ich sehe, als specifisch krankmachend experimentell legitimirt zu sein. Es braucht wohl nicht nochmals hervorgehoben zu werden, dass, gegenüber solchen negativen Resultaten der Aufsuchung des Contagium vivum, die Postulate Henle's unverändert bestehen bleiben.

XIV.

Bacterienkrankheiten der niederen Thiere und der Pflanzen.

1. Es ist wohl anzunehmen, dass Bacterien auch als krankmachende Parasiten nicht warmblütiger Thiere eine bedeutendere Rolle spielen, als derzeit bekannt ist. Was man davon jetzt weiß, betrifft vorzugsweise Insecten (77).

Die Krankheit der Seidenraupen, welche Schlaffsucht, Flacherie, genannt wird, hat nach Pasteur ihren Grund in den Wirkungen eines Bacillus und eines dem M. Ureae (Fig. 4, S. 19) ähnlichen, Ketten bildenden Micrococcus, M. Bombycis Cohn, welche mit dem Futter eingeführt werden und in diesem, im Darm, Zersetzungen hervorrufen, deren Folgen zunächst Verdauungsstörungen und dann das Absterben des Thieres sind. Dieses wird erst träge, appetitlos, schlaff, um dann rasch zu sterben. Die Leichen sind weich, erhalten bald dunkel braune, schmutzige Färbung und zerfließen — unter dem Auftreten von Fäulnissbacterien — großentheils zu missfarbiger stinkender Jauche.

Die Faulbrut der Bienen, welche in kurzer Zeit den Bienenstand ganzer Landstriche vernichten kann, ist, nach den vorliegenden

Angaben, das Werk eines (endosporen) Bacillus, B. melittophthorus Cohn. Nähere Untersuchungen darüber sind noch zu erwarten.

Von der gegenwärtig vorherrschenden Schlaffsucht der Seidenraupen sind sehr verschieden erstens die Muscardine, Calcino und die Flecksucht, Pébrine. Die Muscardine, seit vorigem Jahrhundert bekannt, herrschte in den ersten Decennien dieses Jahrhunderts in den Seidenculturen Europas verderblich, und soll seit Mitte der fünfziger Jahre fast vollständig aus denselben verschwunden sein, während sie bei uns die im Walde lebenden Insecten fortwährend häufig befällt. Sie wird, wie ausführlich nachgewiesen ist, durch einen Pilz verursacht, gehört daher nicht in den Kreis dieser Bacterienbetrachtung.

Die Pébrine (Gattine, Petechia, Maladie des corpuscules) war schon in früheren Jahrhunderten bekannt und seit den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts bis vor ungefähr 10 Jahren in Europa höchst verderblich. Sie heißt Flecksucht nach den dunkeln Hautflecken, welche ihr Auftreten in dem matt und träge werdenden Thiere anzeigen; sie wird nicht minder hervorgerufen durch einen mikroskopischen Parasiten: Panhistophyton ovatum Lebert = Nosema Bombycis Nägeli. Dieser ist bekannt unter der Form unregelmäßig ovaler, nur etwa 0,4 μ langer, farbloser, stark lichtbrechender Körperchen, früher die Cornalia'schen Körperchen genannt, welche in den Präparaten einzeln oder paarweise oder zu mehreren zusammenhängend erscheinen, und in allen Organen des Thieres, nicht nur der Raupe, sondern auch des Schmetterlings und selbst in den Eiern vorkommen, aus letzteren dann wieder in die junge Raupe übergehen können. Sie finden sich oft in ungeheuerer Menge, das ganze Thier erfüllend. Dass diese Körperchen einem Parasiten angehören, welcher in die Thiere eindringt und sich auf deren Kosten, Krankheit erzeugend, vermehrt, hat besonders Pasteur gezeigt. Werden sie mit dem Futter in den Darm einer gesunden Raupe eingeführt, so findet man sie nachher in die Darmwand eingedrungen, hier erst vereinzelt, dann vermehrt und in die übrigen Organe sich ausbreitend.

Die gleichen oder ähnliche Körperchen sind von verschiedenen Beobachtern in mancherlei anderen Insecten und anderen Gliederthieren gefunden worden.

Wie aus der vorstehenden kurzen Beschreibung hervorgeht, gleichen die Cornalia'schen Körper einem kleinen Bacterium, speciell einem Micrococcus, und als solcher sind sie vielfach betrachtet worden. Nägeli hebt in seiner ersten Mittheilung die Verwandtschaft mit M. aceti

hervor. Dieser Auffassung lag neben der Gestaltähnlichkeit besonders die Beobachtung der öfteren paarweisen Vereinigung zum Grunde, welche als ein Anzeichen von Vermehrung durch successive Zweitheilung betrachtet wurde. Direct beobachtet war letztere nicht, auch später nicht, und dass paarweiser Zusammenhang auch auf anderen Wegen zu Stande kommen kann, ist selbstverständlich. Es war also zwar experimentell gezeigt, dass, aber nicht wie die Körper sich vermehren. Der Micrococcus-Vermuthung gegenüber begründeten dann Cornalia, Leydig, Balbiani, auch Pasteur die andere, dass es sich hier um einen Organismus handle, welcher von Micrococcus und Bacterien durchaus verschieden ist; dass nämlich jene Körperchen Psorospermien sind, d. h. Zustände eigenthümlicher niederer Wesen, Sporozoen oder Sarcosporidien. Metschnikoff hat nun neuestens diese Ansicht bestimmt bestätigt; er gibt kurz an, dass der Pébrineparasit besteht aus amöboid (d. h. nach Art der S. 107 beschriebenen farblosen Blutzellen) beweglichen, später gelappten Protoplasmagebilden, in welchen die Körperchen durch endogene Bildung entstehen. Nach Analogie mit anderen, bekannteren Sporozoen würden hiernach die Körperchen Sporen sein, aus ihrer Keimung die amöboiden Protoplasmakörper hervorgehen und die Sporen in diesen in grösserer Anzahl gebildet werden. Die große Zartheit solcher amöboider Protoplasmakörper erklärt zur Genüge, warum sie, zumal wenn sie in die ebenfalls protoplasmatischen Gewebe des Thierkörpers eingedrungen und eingedrängt sind, so lange nicht deutlich unterschieden werden konnten.

Der Pébrineparasit muss hiernach auch von der Bacterienbetrachtung ausgeschlossen werden. Er würde daher hier auch nicht etwas ausführlicher besprochen worden sein, wenn er nicht ein lehrreiches Beispiel dafür wäre, nicht nur dass es bei thierischen Infectionskrankheiten sehr kleine Contagium-Parasiten gibt, welche keine Bacterien sind, sondern dass es sich selbst bei Vorhandensein von Bildungen, die Bacterien sehr ähnlich und mit solchen leicht zu verwechseln sind, doch um Wesen ganz anderer Art, anderer Gestaltung, anderer Lebensweise handeln kann.

2. Als Contagien von Pflanzenkrankheiten (78) endlich kommen, nach den vorliegenden Erfahrungen, parasitische Bacterien nur wenig in Betracht. Die meisten Contagien der zahlreichen Infectionskrankheiten der Pflanzen gehören anderen Thier- und Pflanzengruppen an, größtentheils, wie schon S. 116 bemerkt, den eigentlichen Pilzen.

Von hierher gehörenden Erscheinungen sei zuerst genannt die von

Wakker studirte gelbe Krankheit, durch welche die Hyacinthenpflanze zerstört wird. Wakker fand, dass die charakteristischste Erscheinung bei dieser Erkrankung in dem Auftreten eines stabförmigen Bacterium besteht, welches 2,5 μ lang wird, und viertels bis halb so breit ist. Dasselbe ist zu schleimigen gelben Massen angehäuft, und diese erfüllen während der Vegetationsruhe die Gefäße und das Gewebe der Gefäßbündel in den Zwiebelschuppen. Zur Blüthezeit steigen sie auch in die Blätter hinauf, hier nicht nur auf die Gefäßbündel beschränkt bleibend, sondern von diesen aus in die Intercellulargänge und die Zellen des Blattparenchyms dringend, jene erfüllend, die Zellen zerstörend und schließlich durch die berstende Epidermis ins Freie tretend. Gut gelungene Infectionsversuche und genaue Verfolgung der Lebensgeschichte des Bacteriums sind noch abzuwarten.

J. Burrill in Urbana, Illinois, beschreibt eine mit dem vieldeutigen Namen blight bezeichnete Krankheit der Birn- und Apfelbäume, deren Ursache er auf Invasion eines Bacteriums zurückführt, und zwar eines länglichen Micrococcus von etwa 1 μ Zellenlänge. Die Krankheit besteht in einem Absterben der Rinde, welches anfangs eng localisirt ist, sich aber weiter ausdehnen, den befallenen Zweig oder Stamm rings umgreifen und alsdann tödten kann. An den befallenen Stellen fand Burrill den Micrococcus in die Zellen eingedrungen und hier, in dem Maße als er sich entwickelt, die normalen Inhaltsbestandtheile, zumal die Stärke schwindend — unter Entwicklung von »Kohlensäure, Wasserstoff und Buttersäure«. Zahlreiche Infectionsversuche, ausgeführt durch Einbringen des Micrococcus in kleine Einschnitte oder Einstiche in die Rinde gesunder Birn- und Apfelbäume ergaben das positive Resultat der Krankheitübertragung. — In Europa ist diese Erscheinung meines Wissens nicht bekannt oder doch nicht näher beachtet worden.

Nach einigen ganz kurzen Angaben desselben Beobachters kämen auch an dem Pfirsichbaum, der italienischen Pappel und der amerikanischen Aspe Bacterienkrankheiten vor.

Prillieux gibt eine kurze Beschreibung von einer zuweilen vorkommenden Veränderung der Waizenkörner, welche sich durch rosenrothe Färbung zu erkennen gibt und mit der Entwickelung eines Micrococcus einhergeht, der die Stärkekörner, die kleberhaltigen Inhaltsmassen der peripherischen Zellschichten und theilweise auch die Zellmembranen zerstört. Desorganisirende Wirkungen des Micrococcus liegen hiernach unzweifelhaft vor. Seine Bedeutung als Krankheiterreger ist nach der kurzen Angabe nicht sicher zu beurtheilen, er

könnte eventuell nur secundär, in Folge anderweitiger Schädigungen, als Saprophyt auftreten.

Letztere Vermuthung gründet sich zum Theil auf die von Reinke und Berthold näher studirte Erscheinung der Nassfäule der Kartoffel. Aus den Beobachtungen dieser Autoren geht hervor, dass die Erscheinung ihren nächsten Grund hat in der Entwicklung von Bacterien, und zwar, wie aus den Beschreibungen zu erkennen, des Bacillus Amylobacter, vielleicht auch anderer. Gewöhnlich betrifft die Nassfäule solche Knollen, welche vorher durch einen exquisit parasitischen Pilz, Phytophthora infestans, »krank«, d. h. theilweise zerstört sind. Sie betrifft hier allerdings das Gewebe, welches von diesem verschont und noch lebendig ist, sie stellt aber nichtsdestoweniger eine secundäre Erscheinung dar. Auf der andern Seite kommen nassfaule Kartoffeln ohne Phytophthora vor, wenn auch als Ausnahmen; und es ist genannten Beobachtern auch gelungen, durch Einimpfung ihrer Bacterien die Erscheinung der Nassfäule an gesunden Kartoffelknollen hervorzurufen. In Uebereinstimmung hiermit steht ein neuerer Versuch von van Tieghem, dem die totale Zerstörung lebender Kartoffelknollen durch Amylobacter gelang, wenn er diesen ins Innere der Knolle einführte und dieselbe in hoher Temperatur (35°) hielt. Auch mit Bohnensamen, Cacteenstämmen u. a. wurden ähnliche Resultate erhalten. Anders ausgedrückt lauten diese Thatsachen: der Regel nach saprophytische Bacterien können unter besonderen Bedingungen, als facultative Parasiten auch lebende Pflanzengewebe befallen, krank machen und zerstören. Der obige Satz, dass Bacterien als Contagien von Pflanzenkrankheiten nur wenig in Betracht kommen, wird hierdurch nur bestätigt. —

Litteraturangaben und Anmerkungen.

1) Allgemeine Quellenlitteratur vgl. in de Bary, Morphologie u. Biologie der Pilze; und W. Zopf, Die Spaltpilze, 3. Aufl. Breslau 1884. — Als allgemein grundlegend sind hier besonders hervorzuheben die dort und zum Theil nachstehend noch genannten Arbeiten von Pasteur, F. Cohn, v. Nägeli, van Tieghem, R. Koch, Brefeld, A. Prazmowski, Fitz. — Duclaux, Chimie biologique, Paris 1883, gibt eine geschmackvolle Zusammenstellung der Anschauungen und Methoden der französischen, speciell Pasteur's Schule; F. Hueppe, Die Methoden der Bacterienforschung, gibt Anleitung zur Untersuchung nach dem insonderheit von R. Koch ausgebildeten Verfahren. — Das Buch von Cornil u. Babes, Les Bactéries et leur rôle dans l'anatomie et l'histologie pathologiques des maladies infectieuses, Paris 1885, ist erst während des Druckes vorliegender Schrift erschienen, daher hier nicht benutzt worden.

2) Kuschbert u. Neisser, Deutsche Medicin. Wochenschrift 1884, Nr. 21.

3) Leeuwenhoek, Experimenta et contemplationes. Delft 1695 (oben im Texte steht aus Versehen andere Jahreszahl); besonders p. 42, die Bacterienformen aus Speichel.

4) F. Cohn, Unters. über Bacterien. In: Beitr. zur Biologie d. Pfl. seit 1872 (Bd. 1, Heft II, 127) fortgesetzt.

5) C. G. Ehrenberg, Die Infusionsthiere als vollk. Organismen. Berl. 1838. fol.

6) Billroth, Coccobacteria septica. Berlin 1874. fol.

7) v. Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. —

8) Hornschuch, in Flora od. Bot. Zeitg. Regensburg 1848.

9) v. Nägeli, Niedere Pilze, 1877, p. 21.

10) Hueppe, Unters. über d. Zersetzgn. d. Milch. Mittheil. aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt. II. 1884.

11) C. Vittadini, Della natura del calcino. Giorn. Institut. Lombardo T. III. (1852).

12) E. Klebs, Beitr. z. Kenntn. d. Mikrokokken. Archiv f. Exp. Pathologie Bd. I. (1873).

13) L. Pasteur, Examen de la doctrine des générations spontanées. Ann. de Chimie 3. Sér. Tom. 64. — Annales des Sc. naturelles, Zoologie, 4. Sér. Tom. 16. — Meissner's hervorragende Versuche sind berichtet von Rosenbach, Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, Bd. 13, p. 344 ff.

14) Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, I, p. 32. Hesse, ibid. II, 182.

15) Annuaire de l'observatoire de Montsouris. Seit 1877; specieller seit 1879. —

16) Vergil, Georgica Lib. IV, 281 ff.

17) A. Béchamp, Les Microzymas dans leurs rapports avec l'hétérogénie, l'histiogénie, la physiologie et la pathologie, Paris 1882. In diesem Bande fasst B. seine successive, zumal in den Comptes rendus der Pariser Academie vorgetragenen Ansichten zusammen.
18) A. Wigand, Entstehung und Fermentwirkung der Bacterien. Marburg 1884.
20) O. Brefeld, Botan. Untersuchungen über Schimmelpilze IV.
21) E. Eidam, in Cohn's Beitr. z. Biol. der Pflanzen, Bd. I, Heft 3, p. 208.
22) A. Fitz, Berichte d. Deutschen Chem. Gesellschaft. 9 Aufsätze in den Jahrgängen 1876—84.
23) Frisch, Sitzungsber. d. Wiener Academie. Mai 1877.
24) P. van Tieghem in Bulletin de la Soc. Botan. de France Tom. 28 (1881), p. 35.
25) E. Duclaux, Études sur la lait. Annales de l'Institut National Agronomique No. 5. Paris 1882, p. 22—138.
26) Id. Chimie Biologique; Encyclop. Chimique publiée par M. Frémy. Tom. IX, Paris 1883.
27) W. Engelmann, Bot. Zeitg. 1882, p. 321.
28) v. Nägeli, Ernährung der niederen Pilze. Sitzungsber. d. Münchener Acad. Juli 1879.
29) Id. Unters. über niedere Pilze aus dem Pflanzenphysiol. Institut zu München. München 1882.
30) W. Engelmann, Bacterium photometricum. Unters. aus d. Physiol. Laboratorium zu Utrecht, 1882.
31) Cohn u. Mendelssohn, in Beitr. z. Biol. d. Pflanzen Bd. III.
32) W. Engelmann, Bot. Zeitg. 1881, p. 441.
33) W. Pfeffer, Untersuchungen a. d. Botan. Inst. zu Tübingen, I. Heft 3.
34) J. Tyndall, Philosophical Transactions of the Royal Society, London. Vol. 166 (1876), 167 (1877). In letzterer Abhandlung speciell die Angaben über fractionirte Sterilisirung.
35) J. Wortmann, in Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. VI, p. 287.
36) W. Zopf, Zur Morphologie d. Spaltpflanzen. Leipz. 1882. 4°. — Ders., Entwickelungsgeschichtl. Unters. über Crenothrix polyspora, die Ursache d. Berliner Wassercalamität. Berl. 1879. — Ders. in Monatsber. d. Berliner Acad. 10. März 1881.
37) E. Warming, Om nogle ved Danmarks Kyster levende Bacterier; in Vidensk. Meddelelser fra den naturhist. Forening; Kjöbenhavn 1875. — A. Engler, D. Pilzvegetation d. weißen od. todten Grundes d. Kieler Bucht; in IV. Bericht d. Commiss. z. Erforschung d. deutschen Meere.
38) P. van Tieghem, Sur la fermentation ammoniacale. Compt. rend. T. 58 (1864), p. 211. — v. Jacksch, in Zeitschr. f. physiolog. Chemie Bd. V, p. 395 (1881).
39) Schlössing u. Müntz, Compt. rend. T. 84, p. 301, T. 89, p. 91, 1074.
40) Pasteur, Compt. rend. T. 54, p. 265, T. 55, p. 28.
41) C. v. Nägeli, Theorie d. Gährung. München 1879.
42) E. C. Hansen, Beitr. z. Kenntniss d. Organismen, welche in Bier und Bierwürze leben. Meddelelser fra Carlsberg Laboratoriet. Bd. I. Kopenhagen 1882.
43) Pasteur, Compt. rend. T. 52, p. 344.
44) van Tieghem, Leuconostoc. Ann. Sc. nat. 6. Sér. T. VII.
45) F. Hueppe, Unters. über d. Zersetzung d. Milch durch Mikroorganismen. Mittheil. a. d. k. Reichsgesundheitsamt II, 309. Hier ausführliche Gesch. u. Litteratur.

46) E. Kern, Ueber ein Milchferment aus dem Kaukasus. Bot. Zeitg. 1882, p. 264. Bulletin de la Soc. d'hist. nat. de Moscou 1882. — Vgl. ferner F. Hueppe, Ueber Zersetzungen d. Milch etc. In Börner's Deutscher Med. Wochenschrift 1884, No. 48 ff.

47) P. van Tieghem, Sur le Bac. Amylobacter etc., Bull. Soc. Bot. de France T. 24 (1877), p. 128. — Sur la fermentation de la cellulose. Ibid. T. 26 (1879), p. 25.

48) A. Prazmowski, Unters. über Entwickelungsgesch. u. Fermentwirkung einiger Bacterien-Arten. Leipz. 1880.

49) Vandevelde, Studien z. Chemie d. Bacillus subtilis. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. VIII, 367.

50) Bienstock, Ueber die Bacterien der Faeces. Zeitschr. f. klin. Medicin Bd. VIII.

51) Cohn, cit. Beitr. I, Heft 2, p. 169.

52) H. Nothnagel, Die normal in d. menschl. Darmentleerungen vorkommenden niedersten pflanzl. Organismen. Zeitschr. f. klin. Medicin. Bd. III. (1881).

53) Kurth, Bacter. Zopfii. Bot. Zeitg. 1883, 369.

54) Rasmussen, Ueber die Cultur von Mikroorganismen aus dem Speichel (Spyt) gesunder Menschen. Dissert. Kopenhagen 1883. Mir nur bekannt aus einem Referat im Botan. Centralblatt 1884, Bd. 17, p. 398.

55) T. Lewis, Memorandum on the comma-shaped Bacillus etc.; The Lancet, 2. Sept. 1884.

56) W. Miller, Der Einfluss der Mikroorganismen auf d. Caries d. menschl. Zähne. Archiv f. exp. Pathologie XVI, 1882.

57) Aeltere Litteratur des Milzbrands (bis 1874) s. bei O. Bollinger, in Ziemssen's Handb. der speciellen Patholog. u. Therapie Bd. 3; auch das reiche Material bei Oemler, Experimentelle Beitr. z. Milzbrandfrage. Archiv f. Thierheilk. Bd. II—VI. — Erste Entdeckung des Bacillus: Rayer, Mémoires de la Société de Biologie, T. II, année 1850 (Paris 1851), S. 141. — Pollender, Casper's Vierteljahrsschr. Bd. VIII (1855). Von den sehr zahlreichen Arbeiten aus neuerer Zeit seien genannt: Pasteur, in Compt. rend. T. 84 (1877), p. 900. T. 85 (1877), p. 99. T. 87 (1878), p. 47. T. 92 (1881), p. 209, 266, 429. — R. Koch, Die Aetiologie d. Milzbrands, in Cohn, Beitr. z. Biolog. d. Pfl. Bd. II, 277. — Derselbe in Mittheil. a. d. Reichsgesundheitsamt I, und, mit Gaffky u. Löffler, ibid. II. — H. Buchner, in 29 (s. oben). — Chauveau, Compt. rend. T. 91 (1880), p. 680. — Ibid. T. 96 (1883), p. 553, 612, 678, 1471; — Ibid. T. 97 (1883), p. 1242, 1397. — Ibid. T. 98 (1884), p. 73, 126, 1232. — Gibier, Ibid. T. 94 (1882), p. 1605. — E. Metschnikoff, Die Beziehung der Phagocyten zu den Milzbrand-Bacillen, in Virchow's Archiv Bd. 97 (1884). — A. Prazmowski, Biolog. Centralblatt 1884.

58) Pasteur, Compt. rend. T. 90 (1880), p. 239, 952, 1030; T. 92 (1881), p. 426. — Semmer, Ueber die Hühnerpest. Deutsche Zeitschr. f. Thiermedicin Bd. IV (1878), p. 244. Die von Perroncito, Archiv f. wiss. u. pract. Thierheilkunde Bd. V (1879), p. 22 beschriebene Krankheit dürfte wohl nicht hierher gehören.

59) Unter Hinweis auf die medicinische Litteratur, insonderheit Liebermeister's Einleitung zu den »Infectionskrankheiten« in Ziemssen's Handbuch Bd. II, seien zu diesem Abschnitte speciell angeführt: J. Henle, Patholog. Untersuchungen. Berlin 1840, I. — Sodann die unter 57) citirte Litteratur. — de Bary, Die Brandpilze, Berlin 1853, u. Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. Ann. sc. nat. Botanique, 4. Ser. T. XX.

Ferner die Zusammenstellung in Frank, Die Krankh. d. Pflanzen, Breslau 1880, u. de Bary, Morphol. u. Biologie d. Pilze. Leipz. 1884. de Bary, in Jahresber. über d. Leistungen u. Fortschr. d. Medicin, herausgegeben von Virchow u. Hirsch, II (1867), 1. Abth., p. 240 ff. — v. Recklinghausen, Berichte d. Würzburger Phys.-med. Gesellschaft, 1871. — E. Klebs in zahlreichen Schriften, zumal Archiv f. Experiment. Pathologie u. Pharmacologie Bd. I (1873). — v. Nägeli, Die niederen Pilze etc. (7). —

60) O. Obermeier, Berliner Klin. Wochenschr. 1873. — Cohn, Beitr. z. Biolog. d. Pfl. I, 3, p. 196. — v. Heydenreich, Unters. über d. Paras. d. Rückfalltyphus, Berlin 1877. — R. Koch, Mittheil. d. k. Reichsgesundheitsamts I. —

61) R. Koch, Die Aetiologie der Tuberculose. Mittheil. d. Reichsgesundheitsamts II. — Malassez et Vignal, Tuberculose zoogloique. Compt. rend. Acad. Sc. T. 97 (1883), p. 1006. — Ibid. T. 99 (1884), p. 203.

62) Neisser, Centralblatt f. d. med. Wissensch. 1879, und Deutsche Med. Wochenschrift 1882, No. 20. — Bockhardt, Beitr. zur Aetiologie u. Pathologie d. Harnröhrentrippers. Sitzgsber. d. Phys.-med. Gesellsch. zu Würzburg 1883, p. 13. — Vgl. im Uebrigen Nagel, Jahresbericht etc. d. Ophthalmologie. —

63) Von der höchst umfangreichen Litteratur über d. Wundinfectionen citire ich hier nur: F. J. Rosenbach, Mikroorganismen bei d. Wundinfectionskrankheiten d. Menschen. Wiesbaden 1884. Dort weiterer Litteraturnachweis.

64) v. Recklinghausen u. Luckomsky, Virchow's Archiv Bd. 60. — Fehleisen, Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie, Bd. 16, p. 391. — Koch, Reichsgesundheitsamt I.

65) Sattler, Die Natur d. Trachoms etc. Bericht über d. 13. Versamml. d. ophthalmolog. Gesellsch. zu Heidelberg, 1881, p. 18. — Ibid. 1882, p. 45.

66) Schleich, Zur Xerosis conjunctivae. In Nagel's Mittheil. aus d. ophth. Klinik zu Tübingen Bd. II, p. 145.

67) C. Friedländer, Ueber den Schizomyceten b. d. acuten fibrinösen Pneumonie. Virchow's Archiv Bd. 87 (1882), p. 319. — Ders. in Fortschritte d. Medicin, I, 1883.

68) Vgl. Neisser, in Ziemssen's Handb. d. spec. Pathol. u. Therapie, Bd. XIV.

69) Mittheilungen d. Reichsgesundheitsamts I.

70) Bollinger, in Ziemssen's Handb. Bd. III. — Löffler u. Schütz, Deutsche Med. Wochenschrift 1882, p. 707. — O. Israel, Berliner Klin. Wochenschrift, 1883, p. 155.

71) Bollinger u. Feser, Deutsche Zeitschr. f. Thiermedicin, 1878—1879. — T. Ehlers, Unters. über d. Rauschbrandpilz. Diss. Rostock 1884. —

72) E. Klein, Virchow's Archiv Bd. 95 (1884), p. 468.

73) Klebs und Tommasi Crudeli, Studien über d. Ursache d. Wechselfiebers und über d. Natur d. Malaria. Archiv f. experimentelle Pathologie Bd. XI. — Cuboni u. Marchiafava, ibid. Bd. XIII. — Ceci, ibid. Bd. XV u. XVI. — Ziehl, Deutsche Medicin. Wochenschrift, 1882, p. 647. —

74) Gaffky, Zur Aetiologie d. Abdominaltyphus. Mittheil. aus dem k. Reichsgesundheitsamt II, 372. Hier d. ausführliche Litteratur.

75) Fr. Löffler, Unters. über d. Bedeutung der Mikroorganismen für die Entstehung der Diphtherie beim Menschen, bei der Taube u. beim Kalbe. Ibid. p. 421.

76) J. M. Klob, Patholog. Anatom. Studien über das Wesen des Choleraprocesses. Leipz. 1867.

R. Koch, Berliner Klin. Wochenschrift 1884, No. 31—32 a.

Finkler u. Prior, Tagebl. d. 57. Vers. D. Naturf. u. Aerzte z. Magdeburg, p. 216 ff. — T. Lewis, The Lancet (s. oben, 55).

Klebs, Ueber Cholera asiatica. (Sep.-Abdr. aus d. Correspondenzbl. d. Schweizer Aerzte 1884.) Basel 1885.

Emmerich, Vortr. im Aerztl. Verein z. München. Ref. Berlin. Klin. Wochenschrift, 1885, No. 2.

J. Ferran, Die Morphologie des Cholera-Bacillus und die Schutz-Cholera-Impfung. Nach Dr. Ferran. Von Dr. Max Breiting. Deutsche Medicinalzeitung IV (1885), p. 169, und:

J. Ferran, Ueber die Morphologie des Komma-Bacillus. Zeitschr. f. klin. Medicin, herausg. v. Leyden, v. Bamberger u. Nothnagel, Bd. IX, p. 375, Taf. XI (1885). Ich habe mich in der Bemerkung im Texte nur auf letztere Abhandlung bezogen, weil die andere, in der Medicinalzeitung, eine Bearbeitung einer mir unzugänglichen Arbeit durch einen Referenten, nicht Original ist. Gibt das Referat den Sinn des Originals wirklich wieder, so ist diese Arbeit noch viel toller wie die andere in der Leyden'schen Zeitschrift. Was diese (nämlich die Abhandlung Ferran's) betrifft, so macht sie, ihrer ganzen Terminologie zufolge, den Anspruch, eine botanisch-morphologische Abhandlung zu sein. Jede Zeile zeigt aber so dick wie möglich den Mangel jeder botanisch-morphologischen Grundlage. Sei dem aber wie ihm wolle, so ist für Botaniker und Nichtbotaniker das Gesagte einfach unverständlich, und zwar in dem Sinne, dass ein verständlicher Gedankengang dem Verf. überhaupt ganz fern lag. Was er sah und meint, kann Niemand einsehen. Was er von practischen Consequenzen andeutet, ist nicht klarer. Was hiernach von dem Werth dieser »Arbeiten« zu halten ist, braucht nicht weiter gesagt zu werden.

Kurz vor Beendigung des Druckes dieses Schriftchens erschien in den Proceedings der Royal Society zu London (Vol. 38, No. 236, p. 154) eine die Beziehung der Bacterien zur Aetiologie der Asiatischen Cholera betreffende Mittheilung von einem sehr competenten Gewährsmann, E. Klein, welchen die Britische Regierung zum Behuf der Nachuntersuchung der Koch'schen Angaben nach Indien gesandt hatte. Klein's Untersuchungen bestätigen erstlich die Angabe, dass weder Kommabacillen noch andere erkennbare Organismen im Blute und in den Geweben der Organe von Cholerakranken resp. -leichen zu finden sind. Sie bestätigen ferner das fast constante, wenn auch nach der Menge sehr ungleiche Vorhandensein des Kommabacillus in den Darmentleerungen des Kranken und im Dünndarm der frischen Leiche, heben jedoch hervor, dass die Bacillen in sehr rasch tödtlich verlaufenen Fällen oft in sehr geringer Menge und mit anderen Bacterien zusammen im Dünndarm gefunden werden. Ihr Eingedrungensein in die bald nach dem Tode untersuchte Darmschleimhaut wird bestimmt in Abrede gestellt; erst längere Zeit nach dem Tode finde man sie, gleich anderen Bacterien, in die Schleimhaut gedrungen. Culturen derselben außerhalb des Organismus gelingen leicht. Ihr Verhalten bei Cultur in Gelatine ist mit dem des Lewis'schen Mundbacillus identisch. Spontan kommen sie auch bei anderen Darmkrankheiten, im Munde gesunder Menschen, und selbst in manchen gewöhnlichen (nicht näher bezeichneten) Nahrungsmitteln vor. Den bis-

herigen Erfolgen der Thierversuche spricht Klein jede überzeugende oder beweisende Kraft ab. — In den Schleimkörperchen des Darmschleims frischer Choleraleichen von rapid verlaufenen Fällen fand Klein einen sehr kleinen geraden, bewegungslosen Bacillus. Derselbe wird mit beginnender Zersetzung durch Zerfall der Schleimkörperchen frei. Er lässt sich auf Agar-Gallerte cultiviren und bildet, wenn er an der Luft wächst, Sporen. Auch mit diesem kleinen Bacillus konnte Klein bei Thierversuchen keine positiven Infectionsresultate erhalten. — Ich glaubte, dieses kurze Referat über die Mittheilung Klein's hier nachträglich noch einschalten zu sollen, weil es von neuem zeigt, wie weit hier Resultate und Meinungen auseinandergehen und wie unsicher die dermaligen Kenntnisse von der Bedeutung krankmachender Bacterien für die Cholera sind.

77) Vgl. die Zusammenstellung in Judeich u. Nitsche, Lehrb. d. mitteleurop. Forstinsectenkunde. — Pasteur, Études sur la maladie des vers-à-soie. Paris 1870. Dort weitere Litteratur. — Ferner Metschnikoff, in Virchow's Archiv, Bd. 96, p. 178.

78) J. H. Wakker, Onderzoek der Ziekten van Hyacinthen. Harlem 1883/84. Auch Bot. Centralblatt, Bd. 14, p. 315. — T. J. Burrill, Bacteria as a cause of disease in plants. The American Naturalist. Jul. 1881. — E. Prillieux, Corrosion des grains de Blé etc. par des Bactéries. Bull. Soc. bot. de France, Tom. 26 (1879), p. 31, 167. — Reinke u. Berthold, Die Zersetzung der Kartoffel durch Pilze. Berlin 1879. — van Tieghem, Développement de l'Amylobacter dans les plantes à l'état de vie normal. Bull. Soc. bot. de France, T. 31 (1884), p. 283. —

Namen-Register.

Achorion 116.
Amylobacter 65. 79. 80. 81. 82. 130. 138.
Arthrobacterium aceti 68.

Bacillus Amylobacter 4. 10. 14. 15. 16. 26. 31. 40. 42. 43. 46. 55. 56. 57. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 92. 95. 128. 138.
—— Anthracis 10. 13. 14. 16. 27. 40. 41. 42. 43. 47. 49. 51. 92. 96. 97. 98. 105. 106. 108. 111.
—— butylicus 42. 78.
—— butyricus 78.
—— crassus 3.
—— erythrosporus 14.
—— lacticus 74.
—— Malariae 129.
—— Megaterium 13. 14. 16. 23. 31. 40. 47. 81. 122.
—— melittophthorus 134.
—— subtilis 10. 13. 14. 16. 17. 23. 27. 31. 40. 42. 45. 47. 80. 81. 83. 92. 96. 97. 105. 106.
—— Ulna 14.
—— ureae 67.
—— virens 3.
Bacterium aceti 68.
—— chlorinum 44.
—— merismopoedioides 9.
—— photometricum 46.
—— Termo 40. 42. 65. 83. 84. 94.
—— Zopfii 18. 42. 92.
Beggiatoa 3. 4. 19. 23. 52. 58. 59. 62. 64. 65.
—— alba 63. 64.
—— arachnoidea 64.
—— mirabilis 64.
—— roseo-persicina 4. 46. 64.
Bierhefe-Saccharomyces 56. 77.
Botrydium granulatum 20.
Buttersäure-Bacillus 78.
Butylalkohol-Bacillus 45. 56.

Calothrix 61.
Cladothrix 5. 8. 18. 23. 58. 59. 61. 62. 63. 64. 65.
—— dichotoma 61.
Clathrocystis roseo-persicina 64.
Clostridium butyricum 78.
Coccobacteria septica 22.
Cordyceps 86. 88.
Crenothrix 3. 5. 18. 23. 58. 59. 60. 61. 62. 63.
—— Kühniana 59. 60.
Cystopus candidus 89. 90.

Diplokokken 8.
Dispora 78.
Dispora caucasica 76.

Eiter-Micrococcus 51.
Erysipel-Micrococcus 51.
Essig-Bacterium 56. 74.
Essig-Micrococcus 45. 68. 69. 70.
Essigmutter 66. 68. 70.
Eurotium 31.

Fadenhefe 53.
Fagus 88.
Froschlaich 10. 18.
Froschlaichbacterium 71.

Galeobdolon luteum 38.
Gonococcus 124.

Harn-Micrococcus 66.
Harnstoff-Micrococcus 65. 68.
Heubacillus 104. 105.
Hühnermicrococcus 112. 113.
Hydrocharis 38.

Kefir 10. 47. 65. 76.
Kefir-Bacterium 45. 47. 75. 78. 122.
Kefir-Körner 75. 76.
Köpfchen-Bacterien 79.
Komma-Bacillus 132. 143.
Kommabacillus der Mundschleimhaut 91. 95.

Labiaten 38.
Laboulbenia Muscae 31. 88.
Lacerta viridis 98.
Lepidium sativum 89.
Leptothrix 9. 62. 91.
—— buccalis 4. 94. 95. 96.
—— ochracea 62.
Leuconostoc 5. 10. 18. 28. 58. 72. 73.
—— mesenterioides 17. 71.

Micrococcus aceti 42. 67. 68. 69. 70. 135.
—— Bombycis 134.
—— der Essigmutter 5. 8.
—— Gonococcus 124. 125.
—— lacticus 26. 74. 84.
—— nitrificans 67.
—— Pasteurianus 4. 69.
—— prodigiosus 11. 31. 42. 74.
—— Ureae 19. 31. 66. 67. 68. 70. 127. 134.
Milchsäurebacillus 74. 76.
Milchsäurebacterium 76.
Milzbrandbacillus 107. 112.
Monaden 8.
Monas prodigiosa 11.
Mucor 20.
Mucorinen 46. 56. 57.
Mycoderma aceti 68.
Mycothrix 9.

Nosema Bombycis 135.
Nostoc 28.
Nostocaceen 5. 28. 29. 61. 62.

Oenothereen 88.
Ophidomonas 62. 63.
Oscillarien 6. 28. 64. 65.

Palmellen 9.
Panhistophyton ovatum 135.
Penicillium glaucum 31. 44.
Phytophthora infestans 88. 138.
—— omnivora 88.
Pythium 89.

Saccharomyces 57. 71. 76. 77.
Saccharomyces-Arten 56.
Saccharomyces Cerevisiae 54. 55. 77.
—— Mycoderma 70.
Salvia glutinosa 38.
Saprolegnieen 30.
Sarcina 58. 91.
—— ventriculi 9. 92. 93.
Schizomyceten 2.
Schizophyten 29.
Sclerotinia 89.
Scytonema 61.
Sempervivum 88.
Spaltalgen 29.
Spalthefe 52.
Spaltpflanzen 29.
Spaltpilze 2. 29.
Spirillum 9. 21. 48. 59. 62. 91. 120.
—— amyliferum 4. 14.
Spirochaete 5. 8. 21.
—— buccalis 95. 120.
—— dentium 95.
—— Obermeieri 120. 125,
Sprosshefe 52.
Stabbacterium 80.
Staphylococcus 127.
—— albus 127.
—— aureus 127.
Streptococcus 19. 127.
Syphilis-Bacillus 134.

Trianea bogotensis 38.
Trommelschläger-Bacillus 82. 83. 92.
Tuberkel-Bacillus 40. 120. 134.
Tyrothrix 41. 82.
—— filiformis 41.
—— tenuis 41. 82.

Ulothricheen 65.
Uredineen 85.

Zoogloea 9. 10. 11. 23. 62. 76. 77.
Zooglöen 60. 62. 66. 71. 79.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.



